

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Ю. О. Давідіч, Є. І. Куш, Д. П. Понкратов

ЕРГОНОМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

***Рекомендовано
Міністерством освіти і науки України***

Харків
ХНАМГ
2011

УДК 331.101.1(075)
ББК 30.17я73-6
Д13

Рецензенти:

Є. М. Лисіков, д. т. н., професор, професор кафедри „Колії та колійне господарство” Української державної академії залізничного транспорту;

Г. І. Загарій, д. т. н., професор, зав. кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем Української державної академії залізничного транспорту;

В. Б. Самородов, д. т. н., професор, зав. кафедри „Автомобіле- і тракторобудування” Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів напряму підготовки
«Транспортні технології (за видами транспорту)»
вищих навчальних закладів,
рішення № 1/11-5587 від 23.06.10*

Давідіч Ю. О.

Д13 Ергономічне забезпечення транспортних процесів: навч. посібник / Ю. О. Давідіч, Є. І. Куш, Д. П. Понкратов; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : ХНАМГ, 2011. – 392 с.

ISBN 978-966-695-209-0

У навчальному посібнику висвітлені питання ергономічного забезпечення транспортного процесу. Вивчення і проектування систем «людина – техніка – середовище» вимагає об'єднання технічних дисциплін, науки про людину і її трудову діяльність. Це пов'язано з необхідністю опису параметрів людини в процесі сприйняття інформації, прийняття рішень, русі й інших елементів діяльності. Метою посібника є підготовка висококваліфікованих фахівців у галузі використання досягнень ергономіки для розв'язання теоретичних і практичних завдань при організації функціонування транспортних систем. Навчальний посібник розраховано на студентів, аспірантів, науковців, викладачів.

**УДК 331.101.1(075)
ББК 30.17я73-6**

© Ю. О. Давідіч, Є. І. Куш, Д. П. Понкратов.

ISBN 978-966-695-209-0

© ХНАМГ, 2011

ВСТУП

Прискорення темпів наукового і технічного переозброєння світової економіки може бути забезпечено лише при всебічному урахуванні можливостей людини як при проектуванні техніки і технології, так і при організації виробничого процесу. Розв'язання цих завдань неможливо без використання ергономіки, дослідження якої спрямовані на визначення закономірностей взаємозв'язку елементів системи «людина – техніка – середовище» з метою максимізації інтенсивності людської праці на виробництві, мінімізації фізичних і моральних витрат працівників на виробництві і можливих втратах від помилок у керуванні.

Вивчення і проектування систем «людина – техніка – середовище» вимагає об'єднання технічних дисциплін, науки про людину і її трудову діяльність. Це пов'язано з необхідністю опису параметрів людини в процесі сприйняття інформації, прийняття рішень, русі й інших елементах діяльності. Оптимізація трудової діяльності, створюючи необхідні умови для збереження здоров'я і розвитку особистості, дозволяє домагатися істотного підвищення ефективності і надійності діяльності людини.

Транспортний процес здійснюється при безпосередній взаємодії транспортних засобів і водія в умовах середовища руху, утворюючи систему «людина – техніка – середовище». Стан водія визначає можливість виконання завдання на перевезення і безпеку руху при цьому. Крім того, параметри функціонування автомобільного транспорту

впливають на стан водія. Обрана технологія перевезень визначає витрати праці водія. Таким чином, спостерігається взаємозв'язок між параметрами транспортної системи і станом водія. Підвищення ефективності функціонування транспортної системи можна домогтися тільки при урахуванні всіх ланок автотранспортного технологічного процесу, включаючи водія. Сучасний стан організації перевізного процесу характеризується наявністю розриву між загальними вимогами до автотранспортних технологічних процесів і психофізіологічними можливостями водія дотримуватися параметрів цього процесу. Унаслідок цього однією з головних сучасних проблем є визначення закономірностей взаємозв'язку параметрів автотранспортних технологічних процесів і стану водія. Тому розв'язання завдання організації автотранспортних технологічних процесів з урахуванням стану водія є актуальною проблемою для транспортної системи України. Тому висококваліфікований фахівець з цієї спеціальності повинний мати знання в сфері ергономічних вимог до техніки й організації праці, а також володіти умінням приймати рішення стосовно організації транспортних технологій з урахуванням цих вимог.

Пропонований навчальний посібник для вузів являє собою синтетичний комплекс знань, що стосуються ергономічної діяльності. Успішне вивчення курсу «Ергономіка» базується на вивченні наступних дисциплін: «Вища математика», «Теорія імовірностей і математична статистика», «Основи теорії транспортних процесів і систем».

Метою викладання дисципліни є підготовка висококваліфікованих фахівців у галузі використання досягнень ергономіки для розв'язання теоретичних і практичних завдань організації функціонування транспортних систем.

Завданнями дисципліни є формування в студентів системи наукових знань і професійних умінь у сфері ергономіки для розв'язання теоретичних і практичних завдань організації транспортних технологій і полягає в наступному:

- оволодіння сучасними методами урахування особливостей людини, техніки і середовища при створенні нових транспортних технологій;
- формування в студентів глибокої теоретичної підготовки в галузі вивчення і конструювання людино-машинних систем, що дозволить майбутнім фахівцям приймати управлінські рішення з урахуванням доцільного розподілу функцій між людиною і машиною.

Навчальний посібник призначається для викладачів і студентів технічних навчальних закладів, фахівців у галузі керування транспортними системами, наукових і інженерно-технічних працівників, аспірантів.

1. КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ ЕРГОНОМІКИ

1.1. Проблема узгодження можливостей людини та техніки в ергономіці

1.1.1. Соціально-економічна та біологічна сутність трудової діяльності

Підвищення ефективності суспільного виробництва неможливо без подальшого прискорення науково-технічного прогресу, впровадження у виробництво нової техніки і технології. Основою будь-якого виробництва є поєднання живої праці з предметами і засобами праці. Підвищення продуктивності і якості праці є одним з найважливіших засобів досягнення високої ефективності виробництва. Праця є явище соціальне. В основі будь-якої праці лежать психологічні і фізіологічні процеси функціонування організму людини. З розвитком виробництва змінюються умови, методи й організація трудової діяльності людини, перетерплюють істотних змін функції, роль і місце людини в процесі праці [1, 2]. Можливості людини збільшуються за рахунок розвитку засобів праці. При цьому відкриваються більш широкі можливості для полегшення праці людини, звільнення її від виконання одноманітних, трудомістких ручних операцій. Однак, одночасно з цим розвиток виробництва також призводить до удосконалення параметрів машин і механізмів, підвищення рівня автоматизації технологічних процесів, що зумовлює появу нових факторів, які несприятливо впливають на організм людини. Це змушує людину іноді працювати на межі функціональних можливостей. Треба зазначити, що у системі, де людина і машина утворюють єдиний контур регулювання, людська ланка є найбільш складним і найменш вивченим компонентом [2].

Вплив зовнішніх факторів зумовлює витрати праці людини, що пов'язані з пристосуванням до середовища в межах функціональних норм і динамічних обмежень [2, 3]. Ці фактори, що визначають умови праці,

впливають на стан здоров'я, працездатність і продуктивність праці людини. Це пов'язано з обмеженням загальної рухливості, нерівномірністю м'язового навантаження і підвищенням напруженості праці, що зумовлено одноманітністю виконуваних дій при високих вимогах до рівня психічної активності людини [3].

Оптимальними є умови, за яких окремі органи й організм людини в цілому працюють в оптимальному режимі [1]. За відсутності можливості пристосувати людини до умов праці необхідно умови праці пристосувати до людини [1, 2]. Внаслідок цього, необхідно узгодження параметрів технічних пристроїв з можливостями людини. Оптимізація трудової діяльності можлива лише за умови, якщо працездатність людини оцінювати не тільки за кількісними та якісними показниками виконання трудових завдань, але й за психофізіологічними порушеннями в організмі, що дозволяє судити про те, яким внутрішнім напруженням досягнуте це виконання. Надмірна напруга в процесі виконання трудової діяльності призводить до захворювань, що виникають як віддалені наслідки впливу умов праці на працюючих. Виявити роль праці в їх виникненні досить складно. Це утруднює усунення причин порушення здоров'я і розробку заходів профілактики [1, 3].

Здоров'я - стійка форма життєдіяльності, що забезпечує економічні оптимальні механізми пристосування до навколишнього середовища і яка дозволяє мати функціональний резерв, що використовується для її зміни. Оцінити стан здоров'я людини можливо через адаптивні можливості організму, що оцінюються за даними змін функцій і структур у певний момент при взаємодії з факторами зовнішнього середовища. Це визначає можливі стани організму [2]:

- здоров'я (зовнішні впливи не призводять до стійких патогенних структурних змін);
- преморбідний стан (напруга механізмів адаптації, збільшенні ентропії, початкові структурні порушення);

- хвороба (структурні порушення, стійкі зміни реактивності, формування нових патологічних функціональних систем);
- екстремальний стан (виражені структурні порушення, гранична напруга регуляції);
- термінальний стан (грубі структурні порушення, зривши синхронізації регуляції на міжсистемному рівні).

Як найбільш оптимальну методологію охорони здоров'я, відповідно зі стратегією Всесвітньої Організації Охорони здоров'я, розглядається своєчасна корекція функціонального стану. Показники фізичного середовища на виробництві, в установах, кабінах літаків, тракторів і т. д. (освітленість, склад повітря, атмосферний тиск, шум і т.п.) також повинні бути узгоджені з психофізіологічними можливостями й особливостями людини. Тільки тоді можна розраховувати на високу ефективність і якість праці людини при одночасному збереженні її здоров'я.

1.1.2. Об'єкт, предмет і завдання ергономіки

Термін «ергономіка» в перекладі з грецької означає «ергон» – робота, «номос» – закон, тобто закони роботи. Термін був запропонований у 1857 р. польським натуралістом В. Ястшембовським, але дослідження, що у наш час з ним пов'язують почалися тільки в 20-х р. 20 століття, коли в США, Великобританії, Японії, Німеччині фізіологи, психологи, лікарі й інженери зайнялися комплексним вивченням людини в процесі трудової діяльності з метою максимального використання її психічних і фізичних можливостей на виробництві та подальшій інтенсифікації праці [2, 3].

Остаточно ергономіка як самостійна наука оформилася після 1949 р., коли група англійських учених, на чолі з К. Марреллом організувала ергономічне дослідницьке товариство [2, 3].

Ергономіку визначають як науку про системну оптимізацію трудової діяльності людини й умов її здійснення в системах «людина – знаряддя

праці – предмет праці – навколишнє середовище» («людина – техніка – середовище»). Процес оптимізації виходить із системних властивостей компонентів трудового процесу і базується на системних показниках його ефективності. Оптимізація трудової діяльності, створюючи необхідні передумови для збереження здоров'я і розвитку особистості працівника, дозволяє домагатися значного підвищення ефективності і надійності діяльності людини [1, 2].

Об'єкт дослідження ергономіки – система «суб'єкт праці – знаряддя праці – предмет праці – навколишнє середовище».

Предмет дослідження ергономіки – трудова діяльність людини в системах «людина – техніка – середовище».

Ціль ергономіки – розробка конкретних конструкторських рішень при проектуванні робочих місць і технічно складних товарів широкого вжитку, визначення раціональних умов трудової діяльності для різних груп людей. Ціль ергономіки формулюється як єдність трьох аспектів дослідження і проектування: зручність і комфортні умови ефективної діяльності людини, а відповідно й ефективне функціонування систем «людина – техніка – середовище», збереження здоров'я і розвиток особистості людини, що працює [1-3].

У конкретному дослідженні і проектуванні той або інший аспект може превалювати. Однак загальна мета реалізується через сукупність і взаємодоповнюваність зазначених аспектів.

Маючи як предмет дослідження трудову діяльність людини в системах «людина – техніка – середовище» ергономіка вивчає певні її властивості, що визначаються роллю людини в системі. Ці властивості одержали назву людських факторів. Людські фактори – це інтегральні характеристики зв'язків людини і технічного засобу, що виявляються в конкретних умовах їхньої взаємодії. Це не проста властивість людини або технічного засобу – це властивість їхньої взаємодії [2].

Ергономіка не вивчає робітниче середовище (та інші її види як такі),

це – предмети досліджень інших наук. Для ергономіки важливий вплив середовища на ефективність і якість діяльності людини, її працездатність, фізичний і психічний стан. Ергономіка визначає оптимальні величини навантажень на людину. Взаємозалежне ергономічне проектування систем «людина – техніка» і «людина – середовище» є непорушною вимогою оптимізації діяльності людини і її умов, у яких вона працює, характерне для ергономіки [1 - 3].

Можна виділити наступні завдання ергономіки [1 - 3]:

- 1) розкриття закономірностей трудової діяльності людини в системах «людина – техніка – середовище» і визначення правил її організації;
- 2) розробка теорії діяльності людини в системах «людина – техніка – середовище»;
- 3) розробка теорії оптимального багатофакторного синтезу систем «людина – техніка – середовище»;
- 4) розробка методології прогнозування станів системи «людина – техніка – середовище»; моделювання, проектування й експлуатація цих систем у специфічних умовах їх використання;
- 5) розробка методів і способів ергономічного забезпечення систем «людина – техніка – середовище»;

Ергономічне забезпечення системи «людина – техніка – середовище» – це встановлення ергономічних вимог та формування ергономічних властивостей системи «людина – техніка – середовище» на стадії її розробки та використання [4].

Таким чином, ергономіка вирішує задачі раціональної організації діяльності людей у системах «людина – техніка – середовище», доцільного розподілу функцій між людиною і технічними засобами, визначення критеріїв оптимізації систем «людина – техніка – середовище» з урахуванням можливостей і особливостей працюючої людини або групи людей, розробляє типології таких систем. До ергономічних відносяться проблеми визначення методів оцінки динаміки функціонального стану

працюючих людей і оптимальних показників середовища [1, 3].

Розрізняють наступні види ергономіки [1 - 3]: корективна і проєктивна. На перших етапах ергономічних досліджень основні зусилля були спрямовані на удосконалювання вже існуючих технічних засобів і відповідних умов роботи з метою їх пристосування до людини. У корективній ергономіці оптимізація системи «людина – техніка – середовище» здійснюється за окремими факторами: психологічними, фізіологічними, гігієнічними та ін. При цьому інші фактори залишаються постійними. Кінцеві рекомендації отримують шляхом підсумку окремих даних. Однак отримана сума ідеалізованих одновірних (за кількістю факторів) оптимумів не відповідає реальним умовам діяльності, де всі фактори взаємозалежні й переплетені.

Таким чином, корективна ергономіка є необхідною початковою стадією розвитку ергономіки, відіграє важливу роль, поєднуючи для рішення актуальних проблем фахівців різних галузей знання. Корективна ергономіка поєднує факти про виробничу діяльність, отримані багатьма науками. Вона впливає на практику проектування систем «людина-техніка-середовище» і визначає перспективні проблеми ергономіки. У корективній ергономіці накопичені значні дані щодо вимог до технічних засобів і органів керування. Систематизація накопиченого фактичного матеріалу дозволила скласти ергономічну типологію видів діяльності та використовувати її при проектуванні діяльності [2].

Сучасний розвиток науки і техніки вимагає проектування не окремих технічних засобів, а систем, що складаються з технічних ланок і людей. У проєктивній ергономіці оптимізація здійснюється за системними показниками. Ефективність проєктивної ергономіки полягає в тому, що в процесі ергономічного проектування техніки і функцій людини не тільки враховуються її можливості, але й одночасно вирішуються питання організації діяльності людини в системі «техніка-середовище», а, отже, і питання відбору, навчання і тренувань [2, 3].

Одним з важливих завдань проективної ергономіки є вибір і обґрунтування критеріїв ефективності систем «людина – техніка – середовище». Комплексні критерії оптимальності повинні відбивати ступінь ефективності системи і враховувати у взаємозв'язку всі ергономічні фактори та показники. Розвиток проективної ергономіки є однією з істотних умов впровадження її наукових досягнень у практику, тому що цей факт буде сприяти узгодженню її даних у єдину систему з даними фізіології, психології і гігієни праці, із системотехнікою і технічною естетикою [2, 3].

Формування проективної ергономіки припускає не тільки накопичення даних про «людські фактори», але і цілісне дослідження окремих видів і форм людської діяльності, створення методів її аналізу і формалізації, виявлення всієї сукупності факторів, що визначають її ефективність [2].

1.1.3. Міждисциплінарні зв'язки ергономіки

Ергономіка виникла на стику наук про людину, її діяльність і технічних наук. Тому вона так чи інакше пов'язана з усіма науками, предметом дослідження яких є людина як суб'єкт праці, пізнання і спілкування. Розв'язуючи практичні задачі, ергономіка спирається на всю систему знань про людину. Визначення міждисциплінарних зв'язків ергономіки необхідно для визначення концепції ергономіки як науки, організації наукових досліджень і ефективного використання їхніх результатів у різних сферах діяльності.

Наукову базу ергономіки складають [1 - 4]:

- соціологія праці;
- соціальна психологія;
- економіка праці;
- фізіологія праці;

- психологія праці;
- психофізіологія праці;
- психофізика;
- гігієна праці;
- анатомія людини;
- інженерна психологія;
- педагогіка і педагогічна психологія;
- дизайн;
- загальна теорія систем, кібернетика, дослідження операцій, системотехніка.

Ергономіка пов'язана із соціологією праці, що займається соціальними аспектами організації праці. Результати досліджень соціології праці використовують для раціональної організації праці, розробки стимулів і факторів задоволеності працею, розробки нових соціальних засобів і методів, що дозволяють впливати на об'єкти соціального керування й ін.

При оцінці психологічних закономірностей поведінки людей різних соціальних груп у процесі виконання трудової діяльності ергономіка використовує результати дослідження соціальної психології.

Розв'язуючи задачі з раціоналізації й організації праці, а також при визначенні соціально-економічної ефективності нової техніки, ергономіка базується на економіці праці, що займається оцінкою економічної ефективності проектних рішень. Результати впливу технічних засобів людини на умови її життя в суспільстві й умови праці на виробництві позначаються на економічній ефективності нової техніки.

У зв'язку з дослідженнями процесу праці людини ергономіка базується на фізіології праці, що вивчає закономірності протікання фізіологічних процесів і особливості їхньої регуляції в ході трудової діяльності. Результатом цього є оптимальні характеристики трудового процесу і високої ефективності праці.

Ергономіка пов'язана з психологією праці, що вивчає закономірності перебігу психічних процесів. Будь-яка діяльність людини в системі «техніка – середовище» пов'язана з психологічною концепцією якості праці. Унаслідок цього виникає взаємозв'язок особистості з умовами, процесом і знаряддями праці.

Ергономіка використовує результати досліджень психофізіології праці, що вивчає закономірності протікання психофізіологічних процесів. Це пов'язано з розробкою заходів для зниження монотонності діяльності, гіподинамії людини в процесі виконання трудової діяльності, з використанням технічних засобів.

Функціонування системи «людина – техніка – середовище» пов'язано з взаємодією фізичною і психічною діяльністю людини. Це зумовлює зв'язок ергономіки з психофізикою.

Будь-яка трудова діяльність людини пов'язана з впливом на людину виробничого середовища. При розробці заходів щодо забезпечення сприятливих умов праці ергономіка базується на результатах досліджень гігієни праці, яка обґрунтовує біологічні параметри зовнішнього середовища.

Результати дослідження анатомії людини, що вивчає тіло людини, використовуються ергономікою для розробки принципів конструювання технічних засобів і організації робочого місця людини.

Ядром ергономіки є інженерна психологія, що досліджує психологічні аспекти взаємодії людини і техніки. Вивчаючи психічні процеси і властивості людини, інженерна психологія формулює відповідні вимоги до параметрів технічних засобів. Вона поставляє ергономіці інформацію про силові і швидкісні можливості, особливості зорового сприйняття, пам'яті людини й інших її властивостей, необхідних для розробки оптимальних умов діяльності.

Розглядаючи питання навчання людини, ергономіка відштовхується від основних положень педагогіки і педагогічної психології.

Практичні задачі ергономіки вирішуються разом з дизайном, що займається художнім конструюванням, естетичним оформленням робочого простору, предметного середовища і технічного засобу. Це пов'язано з впливом на безпеку праці художньо-конструкторських рішень стосовно промислових виробів і виробничого предметно-просторового середовища.

Ергономіка тісно пов'язана з загальною теорією систем, кібернетикою, дослідженням операцій при аналізі, математичному моделюванні і рішенні оптимізаційних задач системи «людина – техніка – середовище».

Ергономіка взаємодіє із системотехнікою при оцінюванні надійності, точності і стабільності роботи, а також дослідженні впливу психічної напруги, втоми, емоційних факторів і особливостей нервово-психічної організації операторів на ефективність його діяльності в системі «людина – техніка – середовище», вивчення можливостей пристосування і творчих можливостей людини. У практичному відношенні взаємовідношення ергономіки і системотехніки – це проблема організації всебічного і професійного урахування ергономічних факторів на різних етапах створення систем і їх експлуатації. Урахування ергономічних факторів є обов'язковим компонентом відпрацьовування структурних і функціональних схем як системи в цілому, так і її окремих ланок.

При цьому міждисциплінарні зв'язки ергономіки мають двосторонній характер. Вона не тільки використовує результати досліджень пов'язаних з нею наук, але і сама впливає на суміжні науки. Особливо це стосується усього, що стосується трудової діяльності людини. Впровадження ергономіки в проектування підприємств, устаткування і технологічних процесів зумовлює особливе значення ергономічних досліджень при розробці і впровадженню проектів нового типу.

1.1.4. Характеристика системи «людина – техніка»

Вивчення систем «людина – техніка» може і повинне здійснюватися як вивчення єдиного функціонального цілого. Підхід до людини як особливої ланки, включеної до системи автоматичних пристроїв і машин, дозволяє вирішувати важливі питання підвищення ефективності роботи системи [1].

Системи «людина – техніка» на відміну від інших суто технічних систем характеризується низкою особливостей, які визначають властивості, що притаманні людській діяльності, а саме [1]:

1. Універсалізм. Кожна конкретна машина призначена для виконання обмеженої кількості заздалегідь відомих завдань. Людина в принципі може виконувати безліч різних завдань різними способами, хоча переважно для індивідуума обмеженнями є його здібності й обсяг знань. Тому й система «людина – техніка» також має універсальність, що проявляється в тім, що людина може, використовуючи по-новому ті або інші властивості системи, застосовувати її для рішення інших завдань, які не планувалися при проектуванні системи і не передбачалися інструкцією.

2. Адаптивність. Адаптивність систем «людина – техніка» полягає в значно більшому діапазоні пристосованості системи до умов її функціонування, що змінюються. Ця пристосованість здійснюється двома шляхами – змінами алгоритмів роботи системи і змінами характеристик системи стосовно вхідних сигналів.

Наявність першого шляху дозволяє людині за допомогою технічних засобів розв'язувати певну задачу за різними алгоритмами. Другий шлях характеризується значним діапазоном пристосування аналізаторів людини до варіативних змін сигналів, що надходять на вхід системи. Виділення інваріантних ознак великої кількості звукових і світлових сигналів виконується людиною значно повніше і краще, ніж машиною. Людина має унікальну здатність розпізнавати сигнали, що являють собою складні

образи.

3. Перешкодостійкість. Завдяки наявності в людини інформаційних каналів з різними механізмами перешкодостійкості (зір, слух і т.д.) можливе використання дублюючого сприйняття для підвищення перешкодостійкості і перешкодозахищеності систем.

4. Резервування. Особливістю резервування в людини є можливість компенсації непередбачених відмов, дії за яких заздалегідь не відомі. Природно, що можливості резервування заміщенням, тобто виконанням роботи замість елемента технічного засобу, що відмовив, у людини обмежені її фізичними можливостями. Однак функціональне резервування можливе в широких межах. Добре навчений, емоційно стійкий оператор контролює роботу автоматичних пристроїв і ліквідує відмови техніки, тим самим підвищуючи надійність системи.

5. Мінливість. Зміна стану людини під впливом різних факторів зумовлює як позитивні, так і негативні сторони систем «людина – техніка». Позитивною є можливість широкого пристосування до темпових, інтенсивнісних та екстенсивнісних вимог роботи системи. Негативним є залежність якості діяльності від факторів здатних погіршувати її стан – стомлюваність, хвороба і т.п.

Специфіка взаємин людини з предметом праці через проміжний пристрій визначається головним чином тим, які свої функції як перетворювача інформації й енергії людина передала цьому пристрою. Розрізняють два типи систем «людина – знаряддя праці – середовище»: з проміжними пристроями у виді простих знарядь праці; у вигляді машин [2].

При роботі з простими знаряддями праці весь потік інформації, необхідний для керування впливом на предмет праці, отримує і аналізує людина і вона, таким чином, з усіх поглядів і в будь-який момент здійснює і контролює процес впливу. Машина в цікавлячому нас аспекті є перетворювачем інформації, а не тільки енергії, тобто вона частково без

участі людини формує командні сигнали і регулює вплив. У результаті принципова особливість роботи людини з машиною полягає в неповному контролі з її боку за перебігом процесу впливу на предмет праці [2].

Перший тип систем, які можна називати системами «людина – інструмент» поділяють на чотири класи залежно від того, яку функцію людини реалізує знаряддя праці [1]:

1. З еферентними знаряддями (інструментами). Психофізіологічна особливість цього класу полягає в зміні характеру впливу на предмет праці порівняно з природними руховими реакціями людини.

2. З аферентними знаряддями. За допомогою таких знарядь природний образ предмета праці перетворюється в змінений образ, який можна розглядати як найпростішу інформаційну модель предмета. Ця модель гомоморфна об'єктові. Штучного коду тут немає, а є зміна масштабу, ракурсу випадіння окремих ознак і поява нових (наприклад при роботі з мікроскопом). У результаті людина повинна у процесі навчання виробити спеціальний відмінний від життєвого досвіду набір енгам – еталонів, необхідних для сприйняття.

3. Зі знаряддями пам'яті (наприклад, креслення, фотографія, запис). У цьому випадку використовується штучний код. Перекодування як специфічний психічний процес стає важливим компонентом діяльності людини.

4. Зі знаряддями перетворення інформації (рахівниця, логарифмічна лінійка і т.п.). У результаті використання таких знарядь відбувається зміна психологічної структури прийняття рішень. Ряд операцій репродуктивного мислення людина може перетворити в прості операції прямого замикання, вивільняючи тим самим свій мозок для творчого мислення.

Другий тип систем, поділяється на три класи [1]:

1. З простою машиною, в якій відбувається перетворення інформації з елементарної лінійної програми (передача від людини частини реакцій прямого замикання). Зворотна інформація від предмета праці надходить

майже цілком до людини, і вона сама вносить корективи до програми машини.

2. З репродуктивно-перетворюючою машиною (звичайні ЕОМ). У цьому класі характерним є істотне, майже повне, відчуження людини від предмета праці і від процесу його перетворення. Якщо людині знадобиться включитися в робочий процес, вона повинна за штучним кодом реконструювати як стан предмета праці, так і процеси, якими керує машина.

3. З продуктивно-перетворюючою машиною (кібернетичні пристрої, що самоорганізуються). Взаємодія людини з такою машиною має характер інформаційного обміну між відносно замкнутими системами перетворення інформації.

У другому класі систем людина виступає в ролі оператора.

Згідно з ДСТУ EN 614-1 - 2001 оператор – це людина чи група людей, обов'язком яких є встановлення, експлуатація, регулювання, технічне обслуговування, чищення, ремонт і транспортування машин.

Найбільш характерною рисою діяльності оператора є те, що він позбавлений можливості безпосередньо спостерігати за керованими об'єктами і змушений користуватися інформацією, що надходить до нього по каналах зв'язку. Діяльність людини, здійснюється не з реальними об'єктами, а з їх заміниками або їх образами, що імітують або характеризують. Таку діяльність називають діяльністю з інформаційними моделями реальних об'єктів [1].

Інформаційна модель являє собою сукупність інформації про стан і функціонування об'єкта керування і зовнішнього середовища [1].

З вказаних особливостей систем «людина – техніка» стає зрозумілим, що ці системи описуються значною кількістю параметрів. Структуру понять, що характеризують систему «людина – техніка» наведено на рис. 1.1. Як показано на рис. 1.1. ефективність функціонування системи «людина – техніка» визначає значна кількість параметрів.

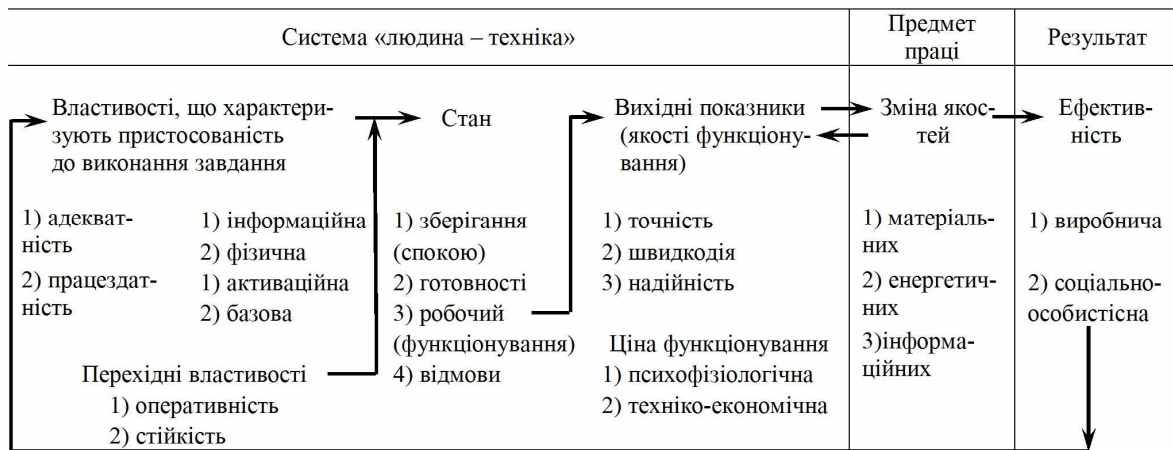


Рис. 1.1 – Структура понять, що характеризують систему
«людина – техніка» [1]

Загальноприйнятим є визначення ефективності як властивості, що характеризує пристосованість системи до досягнення поставленого перед нею завдання. Однак окрім цього поняття, що називають виробничою ефективністю, варто мати на увазі інший вид ефективності, властивий тільки системам, де працює людина, соціально-особистісну ефективність. Цей вид ефективності зумовлений тим, що в процесі трудової діяльності людина не тільки впливає на предмет праці, але і сама змінюється. Зміни можуть полягати у формуванні навичок, у зрушеннях функціонального стану організму, у зміні установки (відносини) до мети діяльності і т.п. [1].

На будь-якому рівні розгляду системи «людина – техніка» в основі показників, обраних для оцінки ефективності, лежить характеристика змін властивостей предмета праці. Ці властивості можна згрупувати в три класи: матеріальні, енергетичні, інформаційні. Особливою властивістю є час, необхідний для зміни перерахованих вище властивостей предмета праці на необхідну величину. Для того, щоб система «людина – техніка» могла розв'язувати поставлене завдання, вона повинна мати сукупність властивостей, що характеризують її пристосованість до виконання цього завдання. Цю сукупність властивостей називають адекватністю системи [1].

Адекватність визначається [1]:

- інформаційною організацією системи «людина – техніка» (наявність у структурі системи необхідних блоків, програм переробки інформації, каналів зв'язку, навченого відповідним чином персоналу і т.п.);
- фізичними характеристиками (механічними, енергетичними і т.п.);
- засобами активації функціонування (пристрою приведення в готовність, переключення роботи з одного режиму на інший і т.п.);
- процесами, що забезпечують, (матеріально-енергетичне забезпечення підтримки структури і цілеспрямованого інформаційно-енергетичного функціонування і т.п.).

Стосовно людини інформаційна адекватність визначається властивостями концептуальної моделі, до складу якої входить певний набір, або алфавіт образів і моделей реального і прогнозованого оточення і ситуації, у якій функціонує система керування, і знання сукупності можливих керуючих і виконавчих дій і властивостей системи керування. В основі цієї групи якостей лежить функціональна організація і властивості аналізаторів, центральної нервової системи, психофізіологічні закони засвоєння і обробки інформації людиною в процесі діяльності. Фізична адекватність характеризує антропометричну і силову відповідність людини розв'язуванню завдань [1].

Активізаційна адекватність визначається мотивами, установками, потребами, зацікавленістю людини у здійсненні певного виду діяльності, характером емоційних реакцій, властивостями уваги [1].

Базова адекватність визначається функціонуванням серцево-судинної і дихальної систем (у цілому – вегетативних систем організму), особливостями біохімічних процесів і психічних станів [1].

Зрозуміло, зазначені чотири групи властивостей не є незалежними.

Активізаційна, фізична і базова адекватності визначають у цілому працездатність людини. У такому трактуванні поняття «працездатність» характеризує можливості людини реалізувати наявний у неї у вигляді

концептуальної моделі «внутрішній інструмент» і у вигляді ефекторів – «зовнішній інструмент» виконання певного виду трудової діяльності [1].

Існує ще ряд понять, що визначають за різними показниками групи властивостей системи «людина – техніка». Найбільш уживані поняття, що визначають [1]:

- стан системи «людина – техніка» і її складових частин: готовність до праці, робочий стан, стан збереження - спокою і т.д. ;

- перехідні властивості, тобто можливості навмисного переведення системи «людина – техніка» зі стану збереження в робочий стан і назад, оперативність, мобільність і т.д.;

- стійкість, відновлюваність і т.д.

Особливе значення мають такі характеристики системи «людина – техніка» і її складових частин, як вихідні показники і ціна функціонування. За вихідними показниками визначають якість функціонування системи «людина – техніка» (включаючи і якість діяльності людини як компонента системи). До вихідних показників належить також надійність. Під надійністю розуміють властивість виробу виконувати задані функції, зберігаючи свої експлуатаційні показники в заданих межах протягом необхідного проміжку часу або необхідного наробітку. Таким чином, поняття надійності, оскільки воно визначається через «задані функції», варто вважати похідним від поняття ефективності. Це означає, що надійність пов'язана з усіма властивостями системи, що забезпечують її адекватність, і виявляється через виконання або невиконання завдання за рахунок тієї або іншої якості функціонування. Основою для одержання міри надійності є показники, що характеризують виникнення таких подій у системі «людина – техніка», що виявляються як невиконання заданої функції. Ці події називаються «відмовленням». Відмовленням варто вважати будь-яку зміну функціонування системи «людина – техніка» або її частин, що призводить до невиконання задачі на певному рівні розгляду системи. Усе вищевикладене стосується і діяльності (дій, операцій)

людини. Тимчасові відмовлення, зумовлені не втратою працездатності психофізіологічних систем, а неадекватністю інформаційних перетворень, є помилками [1].

Ціною (або величиною витрат) називають витрати матеріальних, енергетичних або структурно-інформаційних засобів на функціонування. Стосовно діяльності людини під «ціною» слід розуміти напруженість фізіологічних функцій і психічних процесів, що забезпечують реалізацію визначеної якості діяльності людиною [1].

Ергономічна оптимізація конкретної системи «людина – техніка» неможлива без знання функціональної організації цієї системи, що включає людину як основний компонент. Тому виявлення структури трудової діяльності людини є необхідним етапом у будь-яких ергономічних розробках [1].

Під структурою трудової діяльності розуміють динамічну організацію дій і операцій, які виконує людина у процесі досягнення визначеної трудової мети. Це організація складається з двох груп процесів, що істотно відрізняються за їх роллю в діяльності оператора. Перша група – поведінкові, інформаційні і біомеханічні перетворення, що становлять собою суть трудового процесу і лежать в основі інформаційної і фізичної адекватності; друга група – функції, що забезпечують ці перетворення на біохімічному, енергетичному і психічному (психічні стани) рівні і лежать в основі активаційної і базової адекватності [1].

У визначеній смузі фізіологічної і психологічної норми перша група процесів протікає відносно незалежно від другої групи і вплив факторів, що безпосередньо забезпечують підвищення якості трудової діяльності, практично не зв'язаний з впливом факторів, що забезпечують оптимізацію функціонального стану організму людини. Інакше кажучи, при нормальному фізіологічному і психічному стані людини можна в широких межах варіювати характеристики сигналів, що надходять на пульт оператора, навантаження на органи керування, формувати ті або інші

навички або способи дії тощо, змінюючи якість її діяльності від максимального до нульового. У той же час, людина за допомогою психофізіологічних механізмів, що лежать в основі активаційної адекватності, має здатність підтримувати трудову діяльність на необхідному рівні, незважаючи на досить значні зміни стану організму [1].

У ряді випадків (особливо при роботі в незвичайних умовах середовища) функціональний стан організму людини може значно відхилитися від діапазону норми. Для таких випадків принцип незалежності процесів, що перебігають, і процесів цілеспрямованого перетворення інформації стає неадекватним. Тому ергономічне нормування «поза межної» зони повинне передбачати визначення залежностей параметрів концептуальної моделі і всього процесу діяльності від фізіологічного і психічного стану організму. Специфіка нормування в цій зоні полягає в тому, що критерії стають рухливими. Тобто тут уже не можна обмежитися одним - двома рівнями значень критерію типу «припустиме» або «гранично припустиме» (як це прийнято у фізіології праці і гігієні). Залежності варто представляти у виді номограм або таблиць, що показують як змінюються властивості концептуальної моделі і показники якості діяльності і як змінюються фізіологічні і психічні показники, безпосередньо пов'язані зі здоров'ям, фізичним і психічним станом людини. Такого роду «динамічне» нормування в ергономіці конче необхідне, оскільки будь-які конструкторські й експлуатаційні рішення зв'язані з вибором у багатомірній системі показників того з них (або декількох), що лежить в основі оптимізації стосовно обраного показника ефективності системи при неминучій неоптимальності за іншими показниками [1].

З розглянутої схеми трудової діяльності впливає наявність трьох груп ознак, за якими варто описувати структуру діяльності людини в системі «людина – техніка – середовище» [1]:

- системні властивості і склад трудового процесу, тобто

характеристика сукупності властивостей системи «людина - техніка», психічних і фізіологічних процесів;

- специфічна напруженість, що визначає динаміку й інтенсивність психофізіологічних процесів, що лежать в основі виконуваних людиною дій;

- неспецифічна напруженість, що характеризує стан фізіологічних і психічних функцій, які забезпечують роботу організму при виконанні трудового процесу.

1.1.5. Методологічні засоби ергономіки

Під методологічними засобами розуміють те або інше знання, взятє в особливій ролі (метод, методика, принцип) та використовуване для одержання нового знання [2]. Метод являє собою спосіб досягнення поставленої мети. Методика формує послідовність розумових і фізичних процесів, у відповідності до яких досягається поставлена мета в рамках певного методу. Принцип - правило, що виникає в результаті суб'єктивного осмислення досвіду людей. У дослідницькій практиці методологічні засоби виступають не у своїй «чистій» формі, а органічно злиті, включені у відповідні ергономічні уявлення [2].

Ергономіка належить до тих наук, які можна розрізняти за предметом і специфічним сполученням методів, що у них застосовуються. Вона значною мірою використовує методи досліджень, що склалися в психології, фізіології і гігієні праці. Проблема полягає в координації різних методичних прийомів при розв'язанні тієї або іншої ергономічної задачі, у наступному узагальненні і синтезуванні отриманих з їх допомогою результатів. У ряді випадків цей процес призводить до створення нових методів досліджень в ергономіці, відмінних від методів тих дисциплін, на стику яких вона виникла [1, 3].

Методологія комплексного вивчення людини при виконанні трудової

діяльності з використанням технічних засобів повинна відповідати тенденціям розвитку сучасного наукового пізнання. Методологія ергономіки – це філософське вчення про методи пізнання і перетворення дійсності, про застосування принципів світогляду до процесу пізнання, до духовної творчості і практики [2].

В ергономіці можна розрізнити три типи методологічних засобів [2]:

- методологічні засоби світоглядного характеру;
- загальнонаукові методологічні засоби;
- спеціально-наукові.

Найбільш повне відображення світоглядний компонент ергономіки знаходить у меті цієї дисципліни. Загальна мета ергономіки формулюється як єдність трьох аспектів дослідження і проектування: підвищення ефективності діяльності і відповідно – функціонування людино-технічних систем, охорони здоров'я і розвитку особистості людей, що беруть участь у трудовому процесі. Виходячи з цього задається єдність ергономічних досліджень, їхній системний характер [2].

Наступним принциповим теоретичним положенням ергономіки, що виконує не менш важливу світоглядну функцію, є вказівка на те, що відношення «людина – техніка» є в першу чергу відношення «суб'єкт праці – знаряддя праці». Не людина розглядається як проста ланка, що включена в технічну систему, а техніка – як засіб, включений у діяльність людини [2].

Методологічний зміст тих теоретичних положень ергономіки, що сформувалися стосовно до її предмета загальнонаукових уявлень, полягає як в особливому типі бачення об'єктів вивчення і проектування, так і в спільному завданні об'єкта і засобів його вивчення, тобто в побудові системної стратегії ергономічного дослідження. Під «загальнонауковими» маються на увазі поняття і концепції, що не пов'язані жорстко з тією або іншою галуззю наукового пізнання, але разом з тим не мають і статусу філософських категорій [2].

Ідеї системного підходу в широкому сенсі визначають багато вихідних установок і теоретичні положення ергономіки. До них відносять: прагнення до цілісного розгляду людино-технічних систем, системно-динамічний погляд на їх структуру, включення діяльності людини в предмет наукового розгляду, тенденція до наукового синтезу різних аспектів дослідження, прагнення виявити можливі наслідки діяльності людини [2].

Методологічне значення має також ряд теоретичних положень, розроблених або безпосередньо в ергономіці, або в суміжних з нею наукових дисциплінах, які органічно увійшли до її складу. До них відносять: відмінності корективної та проєктивної ергономіки, розкриття змісту поняття людського фактора в техніці; постановка проблеми комплексного вивчення і проєктування зовнішніх засобів і способів діяльності; гіпотеза ієрархічної організації діяльності оператора з виділенням системного й операційно-психологічного рівнів; специфікація загальнопсихологічних схем діяльності з уведенням як особливих елементів функціональних блоків; гіпотеза оперативного образу; структурно-евристичний підхід до дослідження інформаційних процесів, включаючи процедури ухвалення рішення; математична теорія побудови функціональних структур систем «людина – техніка» і ряд інших положень «системнотехнічної» ергономіки [2].

Ергономічний підхід до вивчення й оптимізації діяльності має свою специфіку. У методичному аспекті це виражається в наступних принципових положеннях. По-перше, спрямованість ергономіки на проєктування діяльності і її компонентів вимагає застосування не тільки експериментальних, але й апіорних проєктувальних методів. По-друге, використання в ергономіці узагальнених показників активності, напруженості і комфортності діяльності припускає застосування процедур одержання інтегральних критеріїв на основі системи одиничних показників. По-третє, ергономічне дослідження або оцінка повинні бути

завжди системними, що можливе лише при одночасному використанні різних методів, що відбивають взаємозв'язки між компонентами й основними властивостями системи «людина – техніка» [2].

Методи дослідження в ергономіці умовно можуть бути поділені на дві групи: аналітичні (або описові) й експериментальні. У більшості досліджень вони тісно переплетені між собою і застосовуються одночасно, доповнюючи і збагачуючи один одного [2].

Будь-яке ергономічне дослідження повинне починатися з аналізу діяльності людини і функціонування системи «людина – техніка». Його метою є визначення місця людини у розв'язанні завдань, для яких призначена досліджувана система, визначити загальну психофізіологічну характеристику діяльності людини в ній, виявлення структури людських факторів, що впливають на ефективність роботи системи в цілому та її частинах [2].

Залежно від конкретного завдання цілі такого аналізу можуть бути різними. У випадку проведення експериментального дослідження, аналіз потрібний головним чином для вибору адекватної моделі діяльності або окремих типових дій, а також для визначення конкретних завдань експерименту. Якщо потрібно провести експертизу системи «людина – техніка», то метою аналізу буде виявлення тих компонентів системи, за якими повинна вироблятися ергономічна оцінка. При розробці критеріїв і методів професійного відбору аналіз буде спрямований на виявлення властивостей, що істотно впливають на якість виконання діяльності [2].

Удосконалення конструкції машини (технічного засобу) з метою найбільш повного врахування в ній можливостей і особливостей працюючої людини припускає, по-перше, точне знання причин незадоволеності існуючою конструкцією з погляду ергономіки, по-друге, ясне уявлення про те, у якому напрямку слід її модифікувати. Відповіді на ці питання можна одержати, якщо в ході попереднього аналізу діяльності розкриті недоліки в організації взаємодії людини і техніки і визначені

вимоги, які цей вид діяльності висуває до технічних засобів і психофізіологічних властивостей людини. В ідеальному випадку результатом аналітичного етапу повинне з'явитися розв'язання принципових ергономічних питань, удосконалення існуючого і проектування нового технічного засобу [2].

Відповідно до класифікації, що запропонована авторами роботи [2], методи дослідження в ергономіці поділяються на чотири групи.

Методи, що входять до першої групи, називають організаційними. До них, відносять систему методологічних засобів, що забезпечують комплексний підхід до дослідження.

Другу групу методів складають емпіричні способи одержання даних. До цієї групи відносять спостереження і самоспостереження; експериментальні методи (лабораторний, виробничий, «формуєчий» експеримент), діагностичні методики (різного роду тести, анкети, соціометрія, інтерв'ю та бесіди); прийоми аналізу процесів і продуктів діяльності (хронометрія, циклографія, професіографічний опис і т.д.); моделювання (предметне, математичне, кібернетичне і т.д.).

Третю групу методів складають прийоми обробки даних. До цих методів відносять різні способи кількісного і якісного опису даних.

У четверту групу методів входять різні способи інтерпретації отриманих даних у контексті цілісного опису діяльності людино-машинних систем.

Найбільш розробленою є друга група методів, що містить у собі цілий ряд методичних процедур [2].

В ергономіці при дослідженні функціонального стану людини використовують [2, 5, 6]: електрофізіологічні методи (електрокардіографія, електроміографія, електроенцефалографія, шкірно-гальванічна реакція, електроокулографія); психологічні (методи суб'єктивних оцінок функціонального стану, методики оцінки стану різних психічних функцій); поліефекторний метод, що передбачає

комплексну реєстрацію психофізіологічних функцій для вивчення різних за змістом та складністю видів людської діяльності. Більш докладна характеристика цих методів представлена у розділі 2.1.5.

У ергономічних дослідженнях знаходять застосування методи біомеханіки: прискорена кінозйомка, циклографія, кіноциклографія, електрична тензометрія – зміна електричних властивостей датчиків, накладених на деформовані людиною частини технічних засобів, електрична реєстрація механічних величин за допомогою датчиків кутових переміщень, опорних динамографів та ін. З їх допомогою дається характеристика рухової активності людини з погляду ефективності роботи різних ланок опорно-м'язового апарата [2].

З метою вивчення умов, у яких проходить виробнича діяльність людини, в ергономіці широко використовуються методи опису мікрокліматичних умов температурного режиму, вологості і т.д., методи виміру й оцінки інтенсивності опромінення в діапазоні радіочастот, методи виміру рівня шуму і визначення його частотного складу, методи виміру й оцінки вібрації, методи визначення змісту пилу в повітрі, методи визначення токсичних речовин у повітрі, методи світлових вимірів та інші методи гігієни праці [2].

Для вирішення різних ергономічних задач використовують техніку антропометричних досліджень. Широке застосування знаходить соматографія – техніко-антропологічний аналіз положення тіла і зміни робочої пози людини, співвідношення розмірів людини і машини. Результати цього аналізу переважно отримують у графічній формі. Соматографія дозволяє розраховувати зони легкої й оптимальної досяжності, знаходити оптимальні способи організації робочого місця з урахуванням пропорційних відносин між елементами устаткування і людиною [2].

Сутність операційно-структурного опису трудової діяльності, часто називаного алгоритмічним аналізом, що передбачає розкладання трудової

діяльності на якісно різні складові, визначення логічного зв'язку між ними, порядку виконання і обчислення ряду показників, що мають визначений психофізіологічний зміст. Важливе значення в ергономіці мають методи системно-структурного аналізу діяльності, зокрема спеціальні методи функціонально-структурного і мікроструктурного аналізу [1, 2].

У методичний арсенал ергономіки входить багато психофізіологічних методик: вимір часу реакції, що існує у багатьох варіантах (простої сенсорної і моторної реакції, реакції вибору, реакції на об'єкт, що рухається, і т.д.); психофізичні методики (визначення порогів і динаміки чутливості в різних модальностях); психометричні методи дослідження перцептивних, мнемічних, когнітивних процесів і особистісних характеристик [2].

Використані в ергономіці соціометричні методи дослідження міжособистісних відносин дозволяють розв'язати цілий ряд актуальних питань: установити факт переваги або установку, виражену індивідом у відношенні інших членів групи або колективу у певних ситуаціях, описати положення індивіда в групі так, як його уявляє сам суб'єкт, зіставити це з реакціями інших членів групи, виразити взаємини всередині порівнюваних груп за допомогою формальних методів [2].

Проведення ергономічних досліджень вимагає створення адекватних методів кількісної оцінки якості продукції. З цією метою в ергономіці використовують неметричне та метричне шкалювання – вимір, під яким розуміють упорядкування множини властивостей реальних об'єктів (предметна галузь) щодо множини знаків (галузь моделі) за допомогою правила упорядкування, що дозволяє ізоморфно відобразити елементи і відносини між ними в предметній галузі через елементи і стосунки між ними в галузі моделі. Як результат шкалювання одержують формальну модель – шкалу, яку можна застосовувати як аналітичний інструмент [2].

Ергономіка використовує і сприяє подальшому розвитку методів

кібернетики, що у поняття оптимізації включає вимоги оптимального керування діяльністю людини в складних людино-технічних системах. Багато загального мають методи ергономіки і біоніки. Методи розробки кількісно-обґрунтованих рекомендацій із прийняття оптимальних рішень також входять до методичного арсеналу ергономіки. Залучення методів теорії автоматичного регулювання, теорії інформації, теорії масового обслуговування та інших досліджень для проектування систем «людина – техніка» спонукує приділяти все більше уваги обґрунтуванню застосовності використаних підходів, виявленню їх принципових можливостей і адекватності специфіці розв'язуваних завдань [2].

Використання методичних засобів системотехніки, пов'язаних з макропроектуванням складних систем, тобто з вибором і організацією функцій і структури в цілому, багато в чому визначає формування ергономіки як проектувальної дисципліни. Розробляються загальні методологічні підходи до розв'язання основних завдань ергономічного проектування, що є складовою частиною загального проектування системи «людина – техніка», метою якого є обґрунтування висунутих ергономічних вимог, їх реалізації у вигляді властивостей проектованої системи й експертизи результатів проектних рішень [2].

1.2. Трудова діяльність людини в системах

«людина – техніка – середовище»

1.2.1. Структура трудової діяльності

Діяльність – це сукупність дій і вчинків людини, спрямованих на досягнення визначених цілей. Діяльність являє собою реалізацію особистісних властивостей людини, що мають визначену структуру. Навколишнє середовище та сама діяльність можуть призводити до зміни стану людини. Процес діяльності регулюється не тільки внутрішніми, але і

зовнішніми факторами, до яких відноситься суб'єкт взаємодії (або колектив) та сам предмет праці [2].

Основним видом діяльності людини в системі «людина – техніка – середовище» є трудова діяльність [1 - 4]. Трудова діяльність являє собою внутрішню (психічну) і зовнішню (фізичну) активність людини, що регулюється усвідомленою ціллю [7]. З позицій ергономіки трудова діяльність розглядається як процес перетворення інформації й енергії, що відбувається в системі «людина – знаряддя праці – предмет праці – навколишнє середовище». Отже, ергономічні дослідження і рекомендації повинні ґрунтуватися на з'ясуванні закономірностей психічних і фізіологічних процесів, що лежать в основі визначених видів трудової діяльності, на вивченні особливостей взаємодії людини зі знаряддями праці, із предметом праці і навколишнім фізико-хімічним і психологічним середовищем [1].

Діяльність людини має певну структуру, мету, мотиви і способи виконання. Мета – це очікуваний людиною результат діяльності [5]. Мета трудової діяльності оператора – підтримка процесу керування у припустимих межах, запобігання відхиленню цього процесу від норми [1].

Мотив – це те, що спонукує людину до діяльності. Основою мотиву є потреба людини [6].

Способи виконання діяльності – це визначені системи трудових операцій, що виконуються одна за одною [6].

Трудовій діяльності зазвичай передують навчальна діяльність. Ціль навчальної діяльності – придбання і формування необхідних навичок, що дозволяють якісно виконувати трудову діяльність [5].

Навички – це дії, доведені до досконалості, їх виконують легко, швидко, з найвищим результатом і найменшою напругою, немов би автоматично. Навички формуються в результаті тривалих вправ [5, 6].

Процес трудової діяльності має подвійний характер: конкретний і абстрактний. Конкретний зводиться до створення продуктів праці.

Абстрактний зводиться до витрат на них людської робочої сили, витрат психічної і фізичної енергії [2].

Діяльність, спрямована на створення конкретних результатів і на перетворення об'єктів зовнішнього світу, називають предметною діяльністю, або екстериоризованою. Діяльність, спрямована на перетворення понять, уявлень, формування мотивів, установок називається інтериоризованою. У чистому вигляді ці типи діяльності практично не зустрічаються. Мова може йти про істотну перевагу одного з них [1].

Функціонування більшості систем «людина – техніка» побудовано за ієрархічним принципом як у сутності їх структури, так і в сутності етапності досягнення трудової цілі. Ієрархія етапності досягнення мети полягає в послідовному виконанні людиною ряду дій різних рівнів [1]:

1. Цикл діяльності – сукупність дій, що завершуються виконанням трудового завдання, або обмежених певним часом безперервної роботи.

2. Дія – поведінковий акт, що має усвідомлену мету, мотив. Сукупність дій, об'єднаних єдиним мотивом, являє собою діяльність.

Дії поділяють на практичні і розумові. До розумових відносять перцептивні, за допомогою яких формується цілісний образ предметів (сприйняття); мнемичні, що входять до складу діяльності запам'ятовування і відтворення певного матеріалу; розумові, з яких складається розв'язання окремих розумових задач. До практичних дій відносять: рухові (моторні) і мовні. За допомогою цих дій оператор реалізує прийняті рішення з керування процесом, що перебігає [5, 6].

Співвідношення між практичними і розумовими діями у роботі оператора значною мірою залежить від ступеня автоматизації процесу керування. Чим більше ступінь автоматизації, тим більше питома вага розумових дій і менша практичних [5].

Дії складаються з окремих психічних актів. Психічний акт – це елемент психічної діяльності, який з неї можна виокремити за ознакою відносної однорідності його психологічної структури. Наприклад: акт

зорового сприйняття, акт переключення уваги, акт мислення, руховий акт, мовний та ін. Психічний акт відрізняється від дії відсутністю усвідомленої цілі, що досягається його виконанням [5].

3. Операція – відносно стабільні компоненти дії. Операції можуть мати як структурну, так і етапну ієрархічну організацію.

Аналогом діяльності людини в технічних системах є функціонування, а аналогом дії є функція (техніка функціонує, а людина діє). Техніка функціонує за внутрішніми законами системи, а людина діє за своїми законами. При цьому людина використовує технічні компоненти системи як засіб своєї діяльності і посилення можливостей. Якщо критерієм дії є елементарна для певного рівня мета, то критерієм функції є розв'язання запрограмованого завдання. Нерідко термін «завдання» застосовують і до дій людини. У цьому випадку переважно мають на увазі мету, задану в певних умовах. Спільний акт людини і технічних засобів, спрямований на розв'язання будь-якого завдання, називають операцією системи «людина – техніка» [1, 2, 7].

Однією з характерних рис трудової діяльності оператора, як було вказано раніше, є взаємодія з інформаційною моделлю. Обсяг інформації, що включена до моделі, і правила її організації повинні відповідати завданню і способам керування. Фізично інформаційна модель реалізується за допомогою пристроїв відображення інформації. Найбільш істотною особливістю діяльності людини з інформаційною моделлю є необхідність співвіднесення зведень, отриманих за допомогою приладів, екранів, табло як між собою, так і з реальними керованими об'єктами [1].

Діяльність оператора при розв'язанні визначеного технологічного завдання або виконанні операції можна розбити на наступні етапи [1]:

1. Сприйняття інформації. Цей етап включає наступні якісно різні операції: виявлення об'єкта сприйняття; виділення в об'єкті окремих ознак, що відповідають завданню, яке стоїть перед оператором; ознайомлення з виділеними ознаками і впізнання об'єкта сприйняття.

Розходження між операціями виявлення і виділення інформативних ознак визначаються тим, що явища, які пов'язані з виявленням об'єкта сприйняття, протікають на рівні рецепторних полів сприймаючих систем, у той час як здатність до виділення інформативного змісту формується на основі минулого досвіду і вимагає спеціального навчання.

У процесі ознайомлення з виділеними ознаками оператор встановлює зв'язки між окремими властивостями об'єкта сприйняття, зводить їх у єдину схему, формує власні системи еталонів, на підставі яких він може згодом пізнати об'єкт або ситуацію. Процес ознайомлення і впізнання зазвичай супроводжує укрупнення ознак, об'єднання їх у структури, які потім виступають як єдині оперативні одиниці сприйняття.

Оперативна одиниця сприйняття – це семантично цілісне утворення, що формується в результаті перцептивного навчання і надає можливість практично одночасового, симультанного і цілісного сприйняття об'єктів зовнішнього світу, незалежно від числа ознак, що містяться в них. Формування оперативних одиниць сприйняття забезпечує не тільки цілісність і предметність сприйняття, але і можливість надалі уявного реконструювання ряду особливостей об'єкта, які не знайшли безпосереднього відображення в інформації, пред'явленої операторові, так само як і можливість виділення корисної інформації у перешкодах.

2. Оцінка інформації, її аналіз і узагальнення на основі заздалегідь заданих або сформованих критеріїв оцінки. Оцінка виконується на основі зіставлення сприйнятої інформаційної моделі зі сформованою у оператора внутрішньою образно-концептуальною моделлю ситуації (системи керування). Концептуальна модель являє собою продукт осмислення оператором сформованої ситуації з урахуванням завдань, що стоять перед ним. На відміну від інформаційної моделі вона стосується внутрішніх психологічних способів – засобів діяльності оператора.

У зміст образно-концептуальної моделі оператора входять образи й моделі реальної і прогнозованої ситуації, значення сукупності (програм)

можливих керуючих дій і виконавчих реакцій системи. До неї також входять такі суб'єктивні і часто нечітко обумовлені елементи, як уявлення про цілі і критерії функціонування системи, мотиви діяльності, знання (і відчуття) наслідків прийнятих рішень і т.п. Операція співвіднесення елементів інформаційної моделі з образами і уявленнями, що входять у концептуальну модель, є важливим етапом переробки інформації людиною. Цю операцію в діяльності людини називають декодуванням.

Процес декодування пов'язаний із утратою певної кількості інформації. Крім того, можливе одержання неповної або неточної інформації через перешкоди. Тому оператор повинний не тільки співвідносити інформацію з керованим об'єктом, але і реконструювати ряд особливостей або станів об'єкта, що не знайшла відображення у пред'явленій йому інформації. Велике значення при цьому має досвід оператора і обізнаність його з найбільш ефективними прийомами декодування.

Завершальною операцією переробки інформації на другому етапі є синтез, тобто організація отриманих після декодування зведень у цілісну систему взаємозалежних характеристик. Завдяки цьому оператор має можливість доповнити отримані поточні дані наявними в нього знаннями про можливі стани і поведження об'єкта керування.

Слід розрізняти постійну образно-концептуальну модель, що зберігається в довгостроковій пам'яті оператора, та оперативну, дуже рухливу, що зберігається в короткочасній, оперативній пам'яті (сукупність оперативних образів).

Якщо ситуація знайома, зовнішня інформаційна модель лише «провокує» адекватну ситуацію у оперативну концептуальну модель і оператор негайно починає реалізацію відповідної схеми поведження. При незнайомій, проблемній ситуації оперативна модель починає формуватися у процесі керування. Тоді до її складу входять дані, що формуються оператором як з інформаційної, так і з постійної концептуальної моделі.

Однак функції оперативної концептуальної моделі не вичерпуються роллю «змішувача» інформації, що надходить з обох зазначених джерел. У ній відбувається детерміноване поточним завданням перекодування і перетворення цієї інформації, тобто приведення її до вигляду, придатного для ухвалення рішення і самого процесу розв'язання проблемної ситуації. Іншими словами, формування оперативної концептуальної моделі в нестандартних умовах збігається з процесом ухвалення рішення і формування програми керуючих дій.

3. Ухвалення рішення стосовно дій – акт, що формується на основі проведеного аналізу інформаційної та образно-концептуальної моделей ситуації.

У ряді випадків завдання визначається заздалегідь заданим і відомим оператору алгоритмом розв'язання. Тоді основою взаємодії оператора з інформаційною моделлю є, власне кажучи, вибір найкращого з наявних у його розпорядженні засобів.

Діяльність оператора з інформаційною моделлю ускладнюється, якщо ситуація не передбачена заданим алгоритмом рішення. У цьому випадку взаємодія оператора з інформаційною моделлю переслідує вже дві мети – постановку самого завдання і знаходження способу його розв'язання, що досягається за допомогою оперативного мислення.

У процесі ухвалення рішення оператор маніпулює перетвореною вхідною інформацією. Ці маніпуляції з образами являють собою, власне кажучи, уявний експеримент. Та ж сама інформація може служити об'єктом величезної кількості всіляких перетворень. Але від оператора потрібне формування образу, адекватного не тільки реальній ситуації, але і конкретному завданню, що стоїть перед ним, а також наявним у нього в пам'яті способам розв'язання подібних завдань. У знаходженні адекватного способу перетворення вхідної інформації, що є основою оптимального рішення, велику роль відіграє раціонально побудована інформаційна модель і постійна концептуальна модель, що формується в процесі

навчання.

4. Приведення прийнятого рішення до виконання за допомогою певної дії (системи дій) або віддачі відповідних розпоряджень.

5. Контроль за результатами виконання прийнятого рішення.

Після завершення цього етапу оператор береться до розв'язання іншого завдання. Існують випадки, коли оператору приходить одночасно розв'язувати кілька завдань. Тоді розглянуті етапи немов би зміщені відносно один одного.

Перші два етапи називають інформаційним пошуком, останні три поєднуються поняттям обслуговування.

Зрозуміло, чітку грань між інформаційним пошуком і обслуговуванням можна провести лише умовно, але для практичних і дослідницьких завдань це досить зручно.

У реальній роботі оператора перелічені етапи не обов'язково представлені повністю і в зазначеній послідовності. Нерідко вони настільки переплетені, що важко виділити кожний з них окремо. У деяких видах діяльності оператора той або інший етап виявляється скороченим, у той час як інший сильно розростається і починає складати головний зміст дії. Нарешті, у реальній роботі оператора інформаційний пошук і обслуговування взаємообумовлені, тому що від прийнятого рішення залежить напрямок наступного кроку інформаційного пошуку. У свою чергу, результати інформаційного пошуку впливають на точність і швидкість обслуговування.

1.2.2. Психологічний зміст трудової діяльності людини

Поводження і діяльність людини в процесі праці залежить не тільки від фізіологічних функцій організму, але і від низки психічних явищ. У процесі діяльності людина усвідомлює мету своїх дій, представляє очікуваний результат, сприймає й оцінює умови, в яких вона діє,

обмірковує послідовність операцій, встановлює і підтримує свою увагу, застосовує вольові зусилля, витягає необхідну інформацію з пам'яті, спостерігає за перебігом діяльності і контролює її, переживає успіхи і невдачі. Ці явища являють собою вищі функції нервової системи, поєднані під загальною назвою «психіка людини» [5, 7].

Психіка – це суб'єктивне відображення людиною об'єктивного світу. У психіці розрізняють [7]:

1. Психічні процеси – це динамічне відображення дійсності в різних психічних формах (відчуття, сприйняття, пам'ять, уява, мислення і т.д.).

2. Психічний стан – це відносно стійкий рівень психічної діяльності, що проявляється у певний час і визначає активність людини.

3. Психічні властивості – це стійке психічне утворення, що забезпечує визначений рівень діяльності і поведінки, типовий для певної людини (уважність, організованість, рішучість та ін.).

Психіка, психічні процеси виступають як регулятор діяльності. З їх допомогою оператор направляє, контролює і коректує свою діяльність у відповідності до поставленої мети, висунутих вимог й умов [5].

Найпростішим психічним процесом є відчуття.

Відчуття – це відображення окремих властивостей предметів і явищ навколишнього світу і внутрішнього стану організму. За допомогою відчуттів людина відрізняє колір, вагу, форму й інші властивості навколишнього світу. Відчуття формується за допомогою органів чуття. На основі чуття виникає більш складна форма психічного відображення – сприйняття [5, 7].

Сприйняття – це наочно-образне відображення діючих на певний момент часу на органи почуттів предметів або явищ. Сприйняття, на відміну від відчуття, відбиває різні властивості предметів у їх сукупності. За своєю природою сприйняття динамічне. Правильне сприйняття знарядь і предметів праці вимагає спеціального навчання і практики [7].

На сприйняття впливає минулий досвід людини. Сприйняття і

відчуття залишають сліди в нервовій системі, що зберігаються в плині тривалого часу. Ці сліди складають основу пам'яті [7].

Пам'яттю називають психічний процес фіксації, збереження і наступного відтворення минулого досвіду людини. Процес фіксації у мозку складається з двох послідовних фаз – початкової, котра формує короточасну пам'ять і пізню, у процесі якої формується довгострокова (постійна) пам'ять. Із загального обсягу інформації, що надійшла у мозок, у довгострокову пам'ять переходить 20 - 25%, але зберігатися ця інформація може протягом усього життя. Короточасна пам'ять проявляється в діяльності тоді, коли рішення, що приймає людина, ґрунтуються на інформації, отриманій безпосередньо перед ухваленням рішення. Довгострокова пам'ять проявляється у знаннях та уміннях людини [7].

Пам'ять поділяється на наступні типи: наочноподібну, словесно-логічну, емоційну. Залежно від аналізатора сприйняття розрізняють зорову, рухову, тактильну, змішану та інші види пам'яті.

Процес відтворення тісно пов'язаний із процесом уявлення. Фізіологічною основою уявлення є пожвавлення «слідів» тих порушень, що виникли в головному мозку при сприйнятті (пожвавлення слідів – відтворення). Уявлення індивідуальні та залежать від особливостей і професійної підготовки людини. Чим більш натренована людина у певній діяльності, тим яскравіше і точніше в нього професійні уявлення [7].

За допомогою уявлень людина прогнозує події та їхню послідовність, думкою змінює величину об'єкта або його частин. На основі уявлень формується психічне очікування можливості тієї або іншої події. Психологічне очікування може бути оцінене за допомогою суб'єктивної імовірності настання події P_c , яка є кількісною мірою ступеня впевненості в здійсненні події [7]:

$$P_c = \frac{C}{H}, \quad (1.1)$$

де C - наявна у людини кількість інформації;

H - уявлення про те, що потрібно для здійснення події (потрібна кількість інформації).

У трудовій діяльності велике значення має порівняння сприйнятих ситуацій з узагальненими уявленнями цих ситуацій. На основі такого порівняння людина створює певний план поведінки в певній ситуації, за яким налаштовується на визначений розвиток подій і формує установки (динамічний стан психофізичних сил працівника) [7].

Створення програми поведінки, побудова образу продукту праці складають у психіці людини уяву, що проявляється в кожній фазі її трудової діяльності. Виконуючи трудові рухи, людина завжди уявляє їх кінцевий результат. За допомогою уяви людина уникає джерел небезпеки або усуває їх [7].

Процес відображення у свідомості людини загальних властивостей навколишнього світу називають мисленням. Мислення як соціально зумовлений процес нерозривно пов'язаний з мовою [6]. Це дає можливість відбивати в мисленні найбільш загальні властивості речей, абстрактні поняття і категорії [7].

Мислення проявляється в таких ситуаціях, коли інформації для здійснення певних дій недостатньо, а отже, потрібно відшукати нові способи розв'язання (проблемної ситуації) [7].

Елементом мислення є судження. Судження – це вислів, у якому затверджується або заперечується зв'язок між поняттями, тобто судження становить собою зіставлення понять. Судження в мові виражається у вигляді речень [7].

Результатом мислення є ухвалення рішення, що може прийматися алгоритмічно або евристично. Під алгоритмічним ухваленням рішення розуміють чітку послідовність розумових операцій, виконання яких завжди призводить до розв'язання всіх задач певного класу. Евристичні рішення приймаються за допомогою творчого мислення [7].

Розрізняють наочно-діюче, наочно-образне, словесно-логічне, оперативне і теоретичне мислення [6].

Наочно-діюче мислення – це аналіз і синтез об'єктів, що пізнаються у процесі практичної діяльності з ними.

Наочно-образне – процес трансформації перцептивних (чуттєвих) образів і представлень об'єктів (наприклад, уявне обертання об'єкта, його реконструкція і т.п.).

Словесно-логічне (понятійне) мислення – це процес відображення у свідомості людини істотних зв'язків і співвідносин між предметами або явищами матеріального світу.

Теоретичне мислення виступає у формі абстрактних понять і міркувань.

Мислення, безпосередньо пов'язане з практичною діяльністю людини, з обслуговуванням машин і механізмів, називають оперативним мисленням [7]. Під оперативним мисленням розуміють такий шлях розв'язання практичних завдань, що здійснюється на основі моделювання оператором об'єктів трудової діяльності, у результаті чого у певній ситуації формується модель передбачуваної сукупності дій (план операцій), що забезпечує досягнення поставленої мети [5, 6].

Оперативне мислення переважно протікає за наявності дефіциту часу. Воно пов'язано також із глибокими переживаннями відповідальності за прийняте рішення і вимагає тому великого емоційно-вольового напруження [5]. Найважливішою особливістю оперативного мислення є його спрямованість, поступальний рух думки [7].

Основними компонентами оперативного мислення є структурування, динамічне пізнання, формування алгоритму рішення [5, 6]. Структурування проявляється в утворенні більш великих одиниць дій на основі пов'язування елементів ситуації між собою. Динамічне пізнання полягає виявленні частин кінцевої ситуації у вихідній проблемній ситуації. Формування алгоритму рішення – є вироблення принципів і правил

розв'язання завдань, визначення послідовності дій. Ці три компоненти виступають послідовно і формують три етапи оперативного мислення.

У процесі оперативного мислення оператор використовує методи дедукції й індукції [5, 7]. Індукція – висновок від фактів (окремого) до загального. Дедукція – висновок від загального до конкретного (окремого) (від наслідку до причини). Рух думки від наслідку до причини називають абстрактною операцією. Абстрактні рішення на відміну від дедуктивних характеризуються великим ступенем невизначеності, тому що один наслідок може бути викликаний різними причинами.

Одним з психічних процесів, що зумовлює діяльність людини є увага.

Увага – це спрямованість психічної діяльності на вибіркове сприйняття визначених предметів або явищ, а так само вибіркове відображення минулого досвіду і дійсності [7].

Увага не є самостійним психічним процесом, а тільки організацією цих процесів. Основними властивостями уваги є зосередженість, стійкість, перемикаємість, обсяг і розподіл [7].

Зосередженість пов'язують з інтенсивністю уваги. Інтенсивність уваги – це ступінь зосередженості на сприйнятті певного об'єкта. Ступінь інтенсивності уваги I_y , необхідну для даної роботи, можна визначити за формулою [7]

$$I_y = \left(1 - \frac{n}{m}\right) 100\% , \quad (1.2)$$

де m - кількість простих математичних операцій, які може виконувати людина при абсолютному зосередженні на них уваги;

n - кількість таких самих операцій, які може виконати людина паралельно з виконанням певної роботи.

Ступінь інтенсивності уваги при різних видах діяльності подано в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Ступінь інтенсивності уваги при різних видах діяльності [7]

Вид діяльності	Інтенсивність уваги, %
Водіння автомобіля за містом	35,1
Водіння автомобіля у місті	58,9
Робота на свердлильному верстаті	14,9
Робота на токарському верстаті	26,4
Робота на друкарській машинці	78,2
Читання	100,0

Стійкість уваги – здатність тривалий час зосереджувати увагу на одному предметі або на одній і тій же операції. Тривалість зосередження уваги на предметі залежить від виду діяльності. Періоди довільних коливань уваги (флуктуацій) змінюються від 5 до 12 сек. За рахунок коливань уваги людина губить 10-15% інформації. Тривалість зосередження уваги на одній і тій же роботі може досягати 30-40 хв. Однак після цього увага повинна бути переключена, тому що сприйняття стає не якісним і вимагає більших вольових зусиль. Далі потрібні більші вольові зусилля. Причому після 30-40 хв. зосередження уваги людина втрачає 25-30% пропонованої інформації [7].

Обсяг уваги практично дорівнює обсягу сприйняття й визначається кількістю об'єктів, які людина може сприймати одночасно. Залежно від умов обсяг уваги дорівнює 4-8 об'єктам. Обсяг уваги людини тим більший, чим вище його професійна підготовка [7].

Розподіл уваги – це трудова навичка, яка формується у процесі виробничого навчання. Розподіл уваги проявляється в умінні виконувати кілька справ одночасно, але справи не повинні суперечити одна одній [7].

Перемикання уваги – це вміння швидко переміщати увагу з одного об'єкта на інший. Необхідність перемикання уваги пов'язана з тим, що людина не може одночасно сприймати кілька різнорідних подразників, не

пов'язаних один з одним за змістом. Більша швидкість перемикання уваги важлива в аварійних ситуаціях. Для перемикання уваги з одного звуку на інший людині необхідно 0,15 сек., з одного зорового подразника на інший – від 0,2 до 1,5 сек. Велика емоційна напруга утрудняє перемикання уваги [7].

Емоції (потрясіння, хвилювання) – це відбиття мозком сили потреби й імовірності її задоволення в цей момент. Потреба – це стан особистості, що виражає залежність її від конкретних умов існування [7].

Потреба є джерелом активності особистості. З фізіологічних позицій потребою є будь-яке значне відхилення життєво важливих внутрішніх констант організму від рівня, що забезпечує нормальне протікання фізіологічних процесів [7].

Виникнення потреби викликає дію, що спрямована на її задоволення. Здійснення цієї дії усуває потребу. Така форма регуляції, у якій відхилення тієї або іншої фізіологічної характеристики від рівня, що забезпечує нормальну життєдіяльність, саме є причиною повернення до нормального рівня, одержала у фізіології назву саморегуляції [7].

Задоволення будь-якої потреби й, отже, відновлення нормального рівня основних внутрішніх констант організму одержало спеціальну назву – підкріплення [7].

Існує залежність, що зв'язує емоції E з потребою P [7]:

$$E = P(H - C), \quad (1.3)$$

де H - кількість інформації, що необхідна для задоволення потреби;

C - наявна кількість інформації у людини.

Емоції у людини виконують дві основні функції – компенсують недостатність на цей момент знань і сигналізують про стан організму. В аварійних ситуаціях, коли людина не має часу для усвідомленого ухвалення рішення, емоції виступають у ролі командного сигналу для

розгортання ланцюга дій, спрямованих на самозбереження. Діяльність, регульовану безпосередньо потребами й емоціями, називають імпульсивним поведінням. Свідоме досягнення поставлених цілей регулюється вольовими актами. Воля – це особлива сторона психічного життя людини, що має своє вираження у свідомій спрямованості дій. Однак емоції впливають на діяльність і при прийнятті усвідомлених рішень [7].

Для кожного виду діяльності існує оптимальна величина емоційного переживання. При цьому легкі завдання вимагають більш високого рівня емоційної активності; складні – менш високого. Емоційна активність, що перевищує оптимум, дезорганізує діяльність. Людина при цьому діє більш швидко, але припускається помилок [7].

Емоційне відношення людини до предмета праці й колективу впливає на продуктивність праці й на мотивацію трудової діяльності [7].

Мотивація – це розгалужена система одночасно взаємодіючих мотивів – психічних явищ, що зумовлюють діяльність та виступають у якості її основи. Як мотиви можуть виступати психічні процеси, а також стани й властивості особистості [7].

Особистість – це сукупність внутрішніх факторів людини, що визначають індивідуальне поведіння в колективі й трудовій діяльності кожного окремого працівника [7].

В основі кожного мотиву лежать потреби. Розрізняють усвідомлені й неусвідомлені мотиви. Неусвідомлені мотиви називають спонуканнями [7].

Задоволення загальних потреб людини лежить в основі зацікавленості роботою. Зацікавлення – це емоційний прояв загальних потреб людини. Виходячи із соціологічних і економічних позицій зацікавленість характеризується залежністю особистості від зовнішніх стимулів мотивів, що впливають на динаміку показників трудового процесу [7].

Стимул – це об'єктивний факт навколишньої дійсності, що

призводить до появи у свідомості людини мотиву. Розрізняють матеріальні й моральні (ідеальні) стимули. Матеріальними стимулами є оплата праці, премія й т.д. До моральних стимулів відносять суспільну необхідність, заклик до свідомості й т.д. [7].

Знання мотивів і стимулів дозволяє регулювати трудову діяльність людини, підтримувати її високу ефективність. Так, для підтримки творчого інтересу у робітника не можна доручати йому занадто складну або занадто просту роботу потрібно виходити з урахування освітнього рівня робітника. Занадто проста праця не задовольняє пізнавальні потреби людини, у результаті чого вона (праця), незважаючи на свою легкість, швидко стомлює людину, призводить до появи помилок й знижує продуктивність праці [7].

Значну роль у трудовій діяльності людини відіграє задоволення потреби в спілкуванні. Тому відношення колективу до даної людини може регулювати його настрій, почуття, емоції й впливати на продуктивність праці [5, 7].

Усвідомлення мети є необхідною ознакою діяльності. Відсутність ясно сформульованої мети знижує інтерес до роботи, а повна втрата мети веде до припинення діяльності [7].

1.2.3. Функціональний стан людини

У комплексі наук з трудової діяльності, серед них і в ергономіці, особливого значення набуває дослідження функціональних станів. Це пов'язано з тим, що успішне розв'язання низки прикладних завдань безпосередньо пов'язано з повнотою опису функціональних станів, правильністю оцінки і прогнозом їх розвитку. До таких прикладних завдань належать: розробка оптимальних режимів праці і відпочинку, адекватна організація виробничого процесу й умов його перебігу, нормування праці і визначення припустимих зон впливу навантажень,

оптимізація процесу виробничого навчання, вибір і розміщення кадрів та ін. При розгляді цього кола питань у рамках різних наукових дисциплін (фізіології, психології, гігієни праці й ін.) у поняття «функціональний стан» вкладають різний зміст [8].

В ергономії під функціональним станом людини (оператора) розуміють комплекс наявних характеристик тих функцій і якостей оператора, які безпосередньо або опосередковано зумовлюють виконання трудової діяльності (трудових функцій). Це визначення проводить грань між станом людини й станом її окремих фізіологічних і психофізіологічних функцій. Для того, щоб судити про функціональний стан людини необхідно мати дані про показники, що характеризують стан її організму й про результати виконання трудових функцій [1].

Розрізняють зрушення і зміну стану. Зрушення стану – будь-яке відхилення досліджуваних інтегральних або окремих характеристик від стану, прийнятого за початок відліку. Ці зміни можуть бути кількісно різними й зумовлюються як внутрішніми (флуктуація, біологічний ритм), так і зовнішніми причинами [1]. Про зміну функціонального стану можна говорити лише тоді, коли зрушення стану призводить до зміни кількісних і якісних показників діяльності [1, 8].

Реальний рівень функціонального стану є результатом складної взаємодії багатьох факторів, внесок яких визначається конкретними умовами діяльності людини. Виділяють п'ять груп факторів, що регулюють функціональний стан [8]:

1. Мотивація – це те, заради чого виконується конкретна діяльність. Чим більша інтенсивність та значущість мотивів, тим вищий рівень функціонального стану. Отже від спрямованості й інтенсивності мотивів залежить якісна своєрідність і рівень функціонального стану, на якому буде реалізовуватися конкретна діяльність.

2. Зміст праці, характер завдання, ступінь її складності є одними з найбільш важливих факторів регуляції функціонального стану. Вже в

самому завданні закладені визначені вимоги не тільки до специфіки функціонального стану, але і до його рівня.

3. Величина сенсорного навантаження під якою розуміють як вплив сенсорного оточення, опосередкований його значимістю, так й те, що безпосередньо пов'язане з виконаною діяльністю.

4. Вихідний фоновий рівень є відправною точкою розвитку функціонального стану, і зумовлений попередньою діяльністю людини.

5. Індивідуальні особливості суб'єкта визначають специфіку і рівень функціонального стану. Наприклад, монотонна праця по-різному впливає на осіб із сильною і слабкою нервовою системою. У представників сильного типу нервової системи спостерігається менша стійкість до монотонії, у них раніше, ніж у представників слабого типу, відбувається зниження рівня активізації нервової системи.

Зміна функціонального стану людини відбувається в кілька фаз, що позначаються як фази працездатності (рис. 1.2).

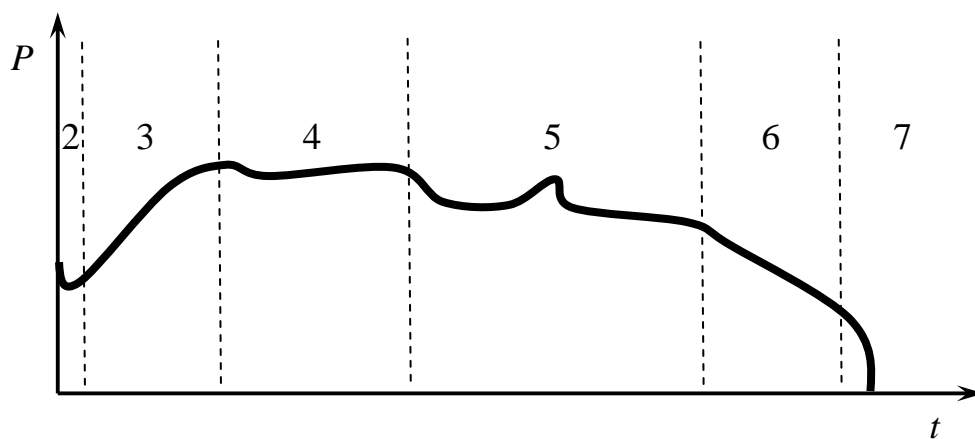


Рис. 1.2 – Динаміка працездатності P залежно від тривалості праці t (цифри над кривою – номери фаз працездатності) [7]

Працездатність – одна з важливих інтегральних характеристик функціонального стану людини, що визначається як здатність людини з найменшими витратами зберігати заданий рівень діяльності для досягнення мети або розв'язання поставленого завдання. Зміна

працездатності залежить від умов трудової діяльності і підкоряється фізіологічним закономірностям у процесі праці. Працездатність значною мірою пов'язана з оптимальним і екстремальним регулюванням в організмі людини, ці регулювання мають різний рівень мобілізації її резервних можливостей. Межа цих можливостей виявляється лише при стресі, коли включається екстремальний рівень регуляції [1].

Розрізняють наступні фази працездатності:

- 1 – мобілізації;
- 2 – первинної реакції;
- 3 – гіперкомпенсації;
- 4 – компенсації;
- 5 – субкомпенсації;
- 6 – декомпенсації;
- 7 – зриву або перенапруги.

Виділення різних фаз працездатності зумовлено тим, що кожна з них характеризується різними закономірностями зміни фізіологічних функцій та особливостями виконання трудової діяльності з погляду її результативності, а саме [1, 7, 8]:

1. Фаза мобілізації (передстартова) – організм мобілізується ще до початку роботи, людина обмірковує майбутнє завдання. При цьому збільшується частота серцебиття і поглиблюється подих. Суб'єктивно ця фаза виражається в деякому відволіканні від сторонніх подразників, у внутрішній зібраності і т.д.

2. Фаза первинної реакції – характеризується деяким зниженням майже всіх показників функціонального стану. Фізіологічний механізм цієї фази пов'язаний із зовнішнім гальмуванням, що виникає в результаті зміни характеру подразників. Ця фаза короткочасна. Її тривалість залежить від ступеня тренуваності фахівця, його досвіду та знання характеру виконуваної роботи. Перші дві фази пов'язані між собою. Залежно від ступеня виразності фази мобілізації, фаза первинної реакції може не

спостерігатися. Замість цього проявляються особливості характерні третій фазі.

3. Фаза гіперкомпенсації – займає початковий період роботи. Вона є немов би логічним продовженням першої фази і відбиває процес мобілізації організму і підвищення тону центральної нервової системи. У цій фазі відбувається пристосування людини до найбільш економічного, оптимального режиму виконання трудової діяльності. При цьому немає точної відповідності реакції організму величині навантаження. Організм реагує на навантаження з більшою силою, ніж це необхідно.

4. Фаза компенсації. У цій фазі відбувається встановлення оптимального режиму роботи органів і систем організму і виробляється певна стабілізація показників. Фізіологічний рівень активності систем і органів є оптимальним, необхідна мобілізація основних реакцій і компенсаторних механізмів уже здійснена, режим роботи найбільш економічний. Ця фаза називається так тому, що деяка розбіжність у функціонуванні систем організму в результаті мобілізації організму тут компенсується.

5. Фаза субкомпенсації – рівень фізіологічної реакції знижується, необхідна якість роботи підтримується за рахунок ослаблення менш важливих функцій. Компенсація здійснюється за рахунок процесів менш вигідних енергетично і функціонально.

6. Фаза декомпенсації. У цій фазі відбувається неухильне погіршення функціонального стану організму, причому змінюються і найбільш важливі для певного виду праці функції. Ця фаза характеризується як вираженими вегетативними порушеннями – тахікардією, прискореним диханням, так і порушенням координації рухів, появою великої кількості помилок у роботі і т.д. Ефективність праці знижується. При продовженні роботи фаза декомпенсації може досить швидко перейти у фазу зриву. Фазу субкомпенсації і декомпенсації поєднують під загальною назвою «фази стомлення».

7. Фаза зриву – значний розлад регулюючих механізмів, неадекватність реакцій, різке падіння працездатності, виникнення змін в роботі фізіологічних систем – усе це вимагає тривалого відпочинку, а іноді і лікування.

Якщо робота закінчена четвертою фазою, то перед її закінченням виникає фаза кінцевого пориву, що характеризується підвищенням працездатності.

1.2.4. Аналіз та опис трудової діяльності в системі

«людина – техніка – середовище»

Аналіз діяльності передбачає поділ її на кілька складових за певними ергономічними ознаками і опис взаємозв'язків між цими компонентами. Залежно від глибини декомпозиції системи «людина – техніка» і трудового процесу аналіз і опис діяльності виконується на двох рівнях [1]:

- 1) на системному рівні;
- 2) на операційно-психологічному рівні.

На системному рівні подають лише загальну характеристику психологічних особливостей процесу переробки інформації людиною. На операційно-психологічному рівні виконують докладний аналіз алгоритмів переробки інформації, з'ясування психологічної структури дій, що виконує людина [1].

Системний рівень передбачає виявлення ієрархічної структури і ступеня виразності низки ергономічних властивостей (ознак) виду діяльності, що розглядається. Оскільки ергономічні властивості якісно можуть бути різні та мати різні одиниці виміру, то їх можна порівнювати тільки за допомогою безрозмірної величини, наприклад за допомогою вагових коефіцієнтів, у балах. Ці умови можна виконати, якщо застосовувати багатомірно-вагову схему опису. Принцип побудови такої схеми ілюструється рис. 1.3 [1].

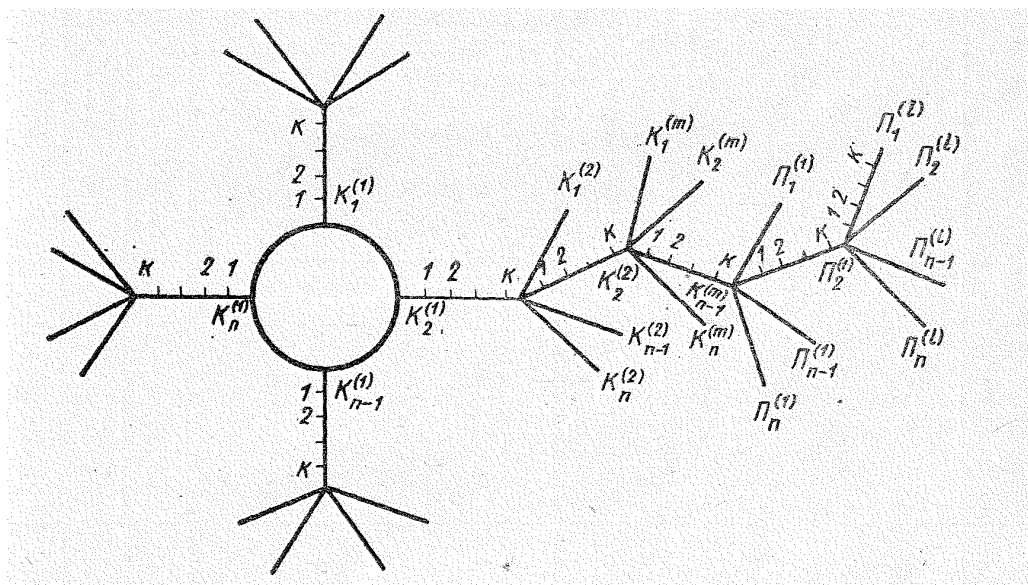


Рис. 1.3 – Схема багатомірно-вагового опису ергатичної системи [1]

Об'єкт опису (в цьому випадку ергатична система) характеризується низкою координат-критеріїв (або базових ознак) K_1, K_2, \dots, K_n , що займають визначене ієрархічне місце, позначене номером $K^{(1)}, K^{(2)}, \dots, K^{(n)}$. Після кожного рівня поділу можуть з'являтися якісно різні значення показників. Вони також утворюють ієрархічну структуру: $\Pi_1^{(1)}, \Pi_2^{(1)}, \dots, \Pi_n^{(1)}, \Pi_1^{(2)}, \Pi_2^{(2)}, \dots, \Pi_n^{(2)}$. На певному рівні опису кожен координатний критерій, ознака або якісне значення ознаки оцінюють $1, 2, \dots, K$.

Опис діяльності реалізується у вигляді таблиці, до якої заносять показники системних властивостей і складу трудового процесу. Класифікаційні показники і їх значення (властивості, ознаки) являють собою ієрархічну структуру: тип, клас, рід, вид. Місце у структурі кодують шляхом присвоєння номера. Мірою характеристики є відносна оцінка, що показує частку певної ознаки (властивості) у діяльності, що підлягає розгляду. Вимір виконують у балах: 0, 1, 2, 3, 4, 5. Вихідною величиною для такої оцінки є відсоток часу, необхідний для виконання певного процесу.

Група ознак системних властивостей і складу трудового процесу характеризує структуру, архітектуру, якісну своєрідність тієї або іншої професії або завдання, що розв'язує людина [1].

Аналізуються ще дві групи ознак, які характеризують специфічну та неспецифічну напруженість. Вони характеризують процес трудової діяльності з погляду психологічних і фізіологічних «витрат» (ціни), необхідної для досягнення мети [1].

Під напруженістю розуміють величину зусиль, які людина повинна прикласти для виконання завдання, що стоїть перед нею. Напруженість пов'язана з загальними психічними і фізіологічними процесами, що забезпечують певний рівень діяльності і стан організму. Залежність ефективності діяльності (E), ступеня фізіологічних зрушень (C) і напруженості (H) від значення факторів, що впливають на людину (S), подані на рис. 1.4. [1].

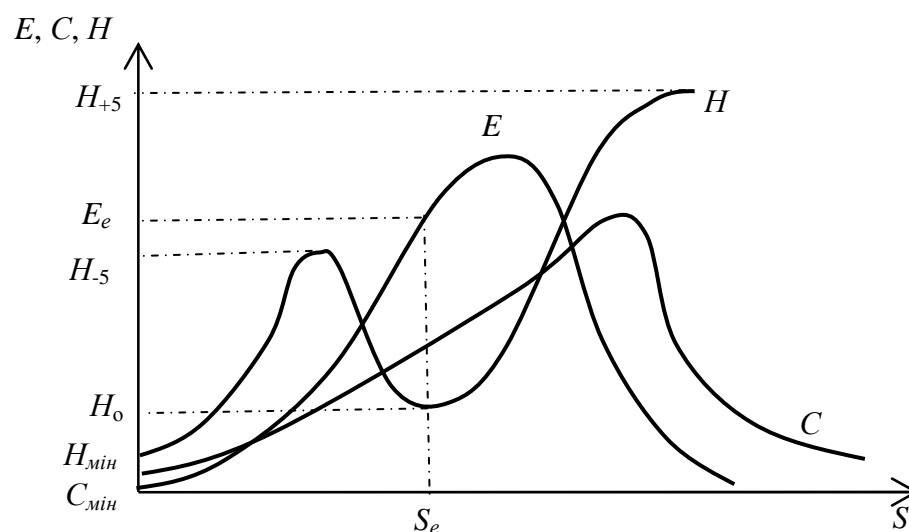


Рис. 1.4 – Взаємозв'язок між ефективністю діяльності (E), напруженістю (H) і фізіологічними зрушеннями (C) [1]

При нульовому значенні фактора S (наприклад, темпу надходження до людини-оператора сигналів) маємо певний рівень функціонування фізіологічних механізмів, що відповідають спокою ($C_{мін}$), і деякій мінімальній «фоновій» напруженості ($H_{мін}$), ефективність діяльності

дорівнює нулю. Відповідно до зростання фактора напруженості S змінюється функціонування фізіологічних систем і напруженість. У результаті змінюється й ефективність діяльності. При якомусь «економічному» значенні фактора, який впливає (S_e), існує невелика напруженість і досить висока ефективність (E_e). Відповідне значення напруженості приймемо за оптимальне, або «нульове» (H_0). Зміна значень фактора як убік зростання, так і зменшення щодо крапки S_e призводить до збільшення напруженості до максимальної H_{-5} та H_{+5} . Істотно, що в крапці S_e показник функціонування фізіологічних систем не має мінімального значення. Увесь діапазон змін напруженості природно розділити на деяку кількість інтервалів. Тоді можна буде одержати шкалу значень напруженості, інваріантну стосовно якісної своєрідності факторів, які викликають напруженість. Для оцінки напруженості використовують двокоординатну шестибальну (а без урахування знака – дев'ятибальну) шкалу. Розмірність психометричної шкали оцінки напруженості наведена в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Психометрична шкала оцінки напруженості [1]

Бали	Експертна оцінка напруженості
0	Практично відсутня
1	Незначна
2	Помірна напруженість
3	Значна
4	Велика
5	Надзвичайно велика

Початкова крапка відліку – 0 балів знаходиться в середині шкали, а в обидва боки від неї йдуть бали від 1 до 5 зі знаком (+) або (-). Запропонована система оцінок напруженості має ще одну зручність: її легко використовувати як психометричну шкалу, якщо оцінки прийдеться

одержувати методом експертних оцінок [1].

Класифікацію напруженості в схематичному вигляді наведено на рис. 1.5.

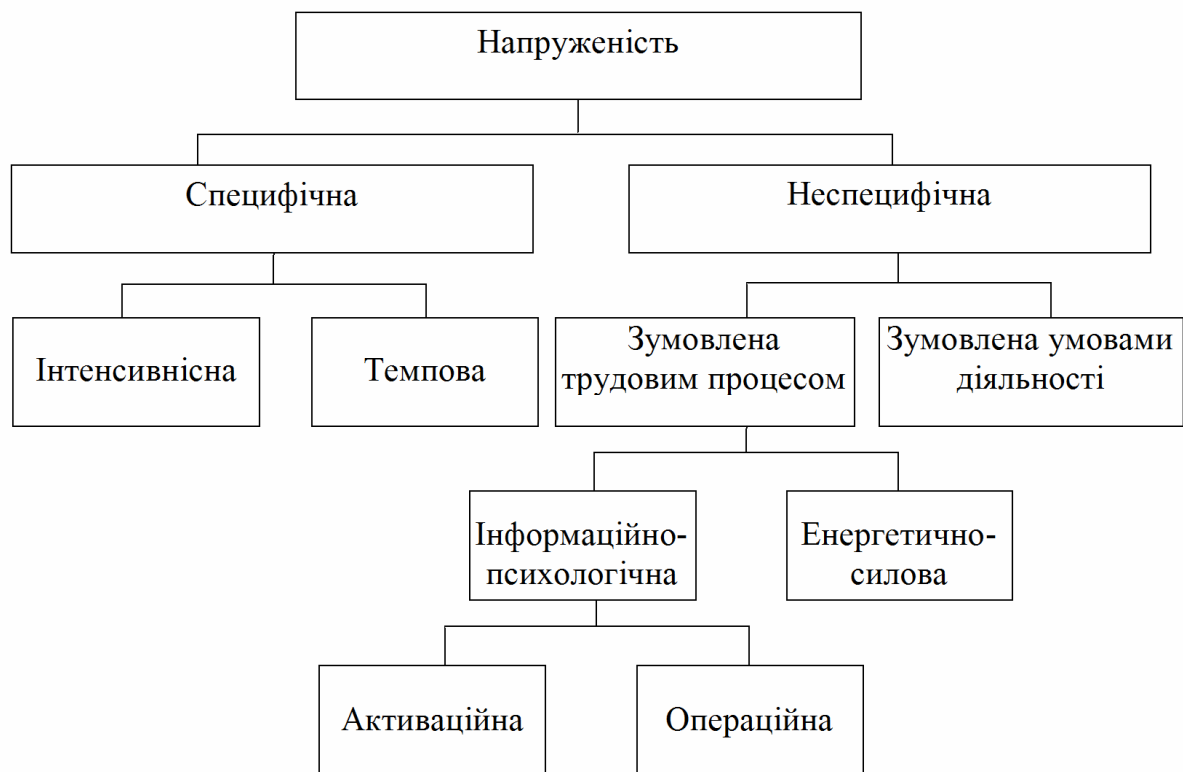


Рис. 1.5 – Класифікаційна схема напруженості праці

Специфічна напруженість включає два основних види: інтенсивнісну та темпову. Інтенсивнісна напруженість характеризує силу необхідних для перетворення інформації активаційних процесів, що насамперед забезпечують необхідні якості уваги і фізичну силу рухових реакцій. Темпова напруженість пов'язана з частотою надходження інформації і зі швидкістю її переробки [1].

Окремо неспецифічну напруженість за видом факторів, що впливають на людину поділяють на: зумовлену самим трудовим процесом та зумовлену умовами діяльності [1].

Неспецифічна напруженість, зумовлена процесом діяльності, є

результат кумулятивного ефекту структурної складності (складу) діяльності і специфічної напруженості. Цей ефект виникає внаслідок того, що в процесі досить тривалої трудової діяльності стан людини переважно змінюється. Ці зміни мають різну природу і прояв залежно від типу факторів, які впливають. Відповідно виділяють класи інформаційно-психологічної й енергетично-силової напруженості. У першому класі розрізняють, напруженість активаційну та операційну [1].

Активаційна спрямованість пов'язана з поточною цікавістю до виконаної у певний період часу роботи, з вольовими зусиллями, що людина повинна додавати для підтримки необхідного рівня пильності та зосередження уваги на певному виді діяльності [1].

Вона залежить від різноманітності ситуацій, сигналів, на які повинний реагувати оператор, від різноманітності і складності рішень і дій. Вихідними параметрами для оцінки цього виду напруженості, у випадку застосування алгоритмічного аналізу, можуть бути такі: показники стереотипності, логічної складності і стандартності діяльності [1].

Операційна напруженість відбиває психофізіологічні зрушення, що звичайно описують як фази працездатності. Ці зрушення залежать від загальної кількості різних дій з урахуванням їх темпу і інтенсивнісних характеристик. Критеріями оцінки цього виду напруженості можуть бути показники, прийняті для оцінки працездатності [1].

Клас енергетично-силової напруженості відбиває динамічне і статичне навантаження роботи. Ступінь навантаження залежить від сумарного впливу ефекторної специфічної напруженості. Як критерії можуть виступати показники, прийняті для виміру ваги фізичної роботи [1].

Оцінка неспецифічної напруженості виробляється так само, як і специфічної – за шестибальною шкалою. Величина напруженості в балах з погляду узагальненого психофізіологічного трактування відповідає

наступному: 0 балів – оптимальний стан організму; 1 – легка напруга; 2 – 3 – помірна напруга; 4 – екстремальна (включені звичайні резервні психічні і фізіологічні механізми); 5 – надекстремальна напруга (включені останні механізми психічні і фізіологічні резервні механізми виникає безпосередня загроза доцільному поведінню, здоров'ю або життю) [1].

Аналіз діяльності на операційно-психологічному рівні заснований на існуючих уявленнях про закономірності перетворення інформації людиною. Якісно ці закономірності описуються особливостями формування і функціонування концептуальної моделі [1].

У результаті аналізу повинен бути зроблений операційно-структурний опис діяльності. Його сутність полягає в розкладанні робочого процесу на якісно різні складові, визначенні їх логічного зв'язку між собою, порядку проходження один за одним у часі й обчисленні низки показників, що мають певний психологічний зміст. Розчленовування робочого процесу бажано робити до рівня простих дій. У випадку складного процесу – це оперативні одиниці інформації й елементарних дій [1].

Під оперативною одиницею інформації розуміють повідомлення (образ, поняття, судження, команду і т.п.), диференційоване в процесі певної діяльності від інших повідомлень за однією активноусвідомлюваною ознакою, а під елементарною дією – перетворення інформації і (або) енергії (сприйняття, витягнення з пам'яті, уявлення дій, рухова реакція і т.п.), що призводять до формування однією оперативною одиницею інформації. З цих визначень випливає, рівень складності оперативної одиниці інформації й елементарної дії залежить від змісту діяльності, ступеня навченості й у цілому визначається структурою тієї концептуальної моделі, що є в оператора стосовно певного трудового процесу [1].

Ефективним методом аналізу трудового процесу на операційному рівні є метод операторних алгоритмів [7, 9].

Алгоритмом називають кінцеву сукупність правил для розв'язання тих або інших завдань. У методі операторних алгоритмів операції називають елементарними операторами і позначають великими латинськими буквами. Логічні умови, які необхідні для виконання операцій, позначені малими латинськими буквами. Ці букви в алгоритмі розміщені перед символами залежних від них елементарних операцій. В алгоритм уведені також оператори переадресації для зміни адрес у наказах або зміни початкових параметрів. Такі оператори позначаються буквою p з вказівкою в дужках змінюваної адреси або параметра. Наприклад, оператор, що зменшує параметр i на n одиниць, позначається $F^{-n}(i)$, а збільшує на n одиниць – $F^{+n}(i)$. Якщо після букви F дужок немає, то він є звичайним елементарним оператором.

В алгоритмі використаний також особливий знак ω , який називають завжди помилковою логічною умовою. Цей знак використовують, коли варто підкреслити, що певна операція або сукупність операцій повторюються безупинно.

В алгоритмі виконання операції називають спрацьовуванням елементарного оператора. Елементарні оператори спрацьовують зліва направо. Після кожної логічної умови ставиться нумерована стрілка ($\overset{2}{\uparrow}$), спрямована вгору, а перед елементарним оператором, з яким пов'язана певна логічна умова, – стрілка того ж номера, але спрямована вниз ($\overset{2}{\downarrow}$). При виконанні логічної умови дії здійснюються відповідно до порядку, вказаного стрілками. Якщо потрібно показати, що кілька елементарних операторів спрацьовують одночасно, то вони мають ті ж самі індекси. Крім зазначених позначень в алгоритмічному поданні складних дій використовують символи математичної логіки, теорії множин та інші спеціальні позначення. Прикладом алгоритму може служити вираз [9]:

$$\overset{1,5}{\downarrow} A M r \overset{1}{\uparrow} s \overset{2}{\uparrow} B \overset{4,6}{\downarrow} D M p \overset{3}{\uparrow} \omega \overset{4}{\uparrow} \overset{3}{\downarrow} E \omega \overset{5}{\uparrow} \overset{2}{\downarrow} C \omega \overset{6}{\uparrow}. \quad (1.4)$$

Використовуючи символічне зображення складної дії, можна одержати наступні його характеристики [7, 9]:

1) інтенсивність дії або трудового процесу

$$I = \frac{M}{t}, \quad (1.5)$$

де M - кількість членів алгоритму, включаючи елементарні оператори і логічні умови;

t - загальний час реалізації алгоритму.

2) стереотипність трудового процесу

$$Z = \sum_{n=1}^m p_n X_n, \quad (1.6)$$

де X_n - кількість елементарних операторів у n -й групі членів алгоритму;

p_n - частота появи такої групи в алгоритмі;

n - кількість груп членів алгоритму.

3) логічна складність трудового процесу

$$L = \sum_{n=1}^m p_n Y_n, \quad (1.7)$$

де Y_n - кількість логічних умов в n -й групі членів алгоритму.

Одним з методів, що дозволяють апіорно оцінити якість діяльності людини-оператора є структурний метод [1], заснований на докладному аналізі структури діяльності з наступним описом алгоритмів перетворення інформації людиною як сукупності дискретних операцій визначеного типу.

Структурний метод застосують головним чином для систем, у яких

можлива диференційована оцінка безпомилковості виконання й імовірності своєчасного виконання алгоритму. Структура діяльності при використанні структурного методу будується з таких функціональних одиниць, як сенсорні, моторні логічні блоки, блоки затримки, блоки зі зворотним зв'язком, діагностичні блоки і блоки самоконтролю.

У цьому методі прийняті наступні допущення: незалежність функціональних одиниць у структурі діяльності, однозначно детермінована послідовність їх виконання, незалежність структури від впливаючих на людину факторів.

Одним з найважливіших показників діяльності людини на рівні окремих алгоритмів є імовірність виконання алгоритму P_A .

$$P_A = P_B P_C(t), \quad (1.8)$$

де P_B - імовірність безпомилкового виконання алгоритму;

$P_C(t) = P(t \leq T_{don})$ - імовірність своєчасного виконання алгоритму;

T_{don} - припустимий час виконання алгоритму.

Для розрахунку значення P_A необхідно [1]:

1. Виявити основні, допоміжні й аварійні режими роботи системи «людина – техніка».
2. Визначити завдання, які розв'язує людина при кожному режимі роботи системи (постійно виконувані й епізодично).
3. Скласти в описовій формі алгоритм діяльності у кожному режимі роботи системи. При складанні алгоритму необхідно послідовно викласти всі дії людини залежно від тих або інших умов. Дроблення діяльності варто робити до рівня окремих дій.
4. Охарактеризувати виконання кожної дії в тривимірному просторі (повороти рук, нахили тулуба, голови і т.д.).
5. Скласти формалізований запис алгоритму на рівні функціональних одиниць, для чого виявити в алгоритмі:

а) робочі блоки, тобто блоки, при невиконанні кожного з яких навіть при ідеально надійній техніці завдання не буде виконано;

б) діагностичні блоки, тобто блоки, метою яких є контроль несправності технічних засобів, використовуваних при виконанні робочих блоків;

в) блоки самоконтролю, тобто блоки, метою яких є контроль безпомилковості виконання попередніх робочих блоків. Умовні позначення функціональних одиниць для надійнісних і часових характеристик наведені в табл. 1.3.

г) представити структуру діяльності на рівні оперативних одиниць, для яких можуть бути задані кількісні характеристики;

д) визначити числові значення кількісних характеристик кожної оперативної одиниці і підрахувати їх для функціональних одиниць;

е) виявити в структурі діяльності деякі типові комплекси блоків операцій. Вони являють собою повторювані сполучення описаних раніше робочих блоків і блоків контролю.

ж) підрахувати кількісні значення P_A . Для цього:

1) визначити P_B шляхом перемножування імовірностей безпомилкового виконання кожного елемента структури і своєчасного виконання алгоритму $P_C(t)$. Як закон розподілу часу, витраченого на виконання алгоритму, може бути прийнято гамма-розподіл, щільність якого має вигляд:

$$f(t) = \begin{cases} \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} t^{\alpha-1} e^{-\beta t} & \text{при } t > 0 \\ 0 & \text{при } t < 0 \end{cases}, \quad (1.9)$$

а параметри розподілу

$$\alpha = \frac{M_2[T]}{D[T]}, \quad \beta = \frac{M[T]}{D[T]}. \quad (1.10)$$

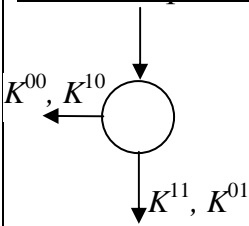
Таблиця 1.3 – Умовні позначки функціональних одиниць для оцінки безпомилковості і своєчасності виконання алгоритму

Функціональна одиниця	Характеристика безпомилковості		Характеристика своєчасності	
	назва	умов. позн.	назва	умов. позн.
1	2	3	4	5
<u>Робочі блоки</u> а) сенсорний і моторний 	Імовірність безпомилкового виконання блоку	β^1	Математичне очікування часу виконання блоку	$M[T]$
	Імовірність його виконання помилкою	β^0	Дисперсія часу виконання	$D[T]$
б) логічний 	Імовірність безпомилкового вибору результату 1	β^{11}	Математичне очікування часу виконання блоку	$M[T]$
	Імовірність помилкового вибору результату 2	β^{12}	Дисперсія часу виконання	$D[T]$
	Імовірність безпомилкового вибору результату 2	β^{22}	Математичне очікування часу виконання блоку	$M[T]$
	Імовірність помилкового вибору результату 1	β^{21}	Дисперсія часу виконання	$D[T]$
в) затримки 	Імовірність безпомилкового виконання блоку	β^1	Математичне очікування часу виконання блоку	$M[T]$
	Імовірність його виконання помилкою	β^0	Дисперсія часу виконання	$D[T]$

Продовження табл. 1.3.

1	2	3	4	5
г) блок зі зворотним зв'язком 	Імовірність безпомилкового переходу до виконання наступного блоку	β^1	Математичне очікування часу виконання блоку	$M[T]$
	Імовірність помилкового переходу до виконання наступного блоку	β^0	Дисперсія часу виконання	$D[T]$
<u>Діагностичний блок</u> 	Імовірність визнання техніки справною при фактично справному стані	Π^{11}	Математичне очікування часу виконання блоку	$M[T]$
	Імовірність визнання техніки несправною при фактично справному стані	Π^{10}		
	Імовірність визнання техніки несправною при фактично несправному стані	Π^{00}	Дисперсія часу виконання	$D[T]$
	Імовірність визнання техніки несправною при фактично несправному стані	Π^{01}		
	Імовірність знаходження техніки в справному стані	V		
	Імовірність знаходження техніки в несправному стані	\bar{V}		

Продовження табл. 1.3.

1	2	3	4	5
<p><u>Блок самоконтролю</u></p> 	Імовірність визнання виконання робочих блоків правильними при фактично правильному їх виконанні	K^{11}	Математичне очікування часу виконання блоку	$M[T]$
	Імовірність визнання виконання робочих блоків неправильними при фактично правильному їх виконанні	K^{10}		
	Імовірність визнання виконання робочих блоків неправильними при фактично неправильному їх виконанні	K^{00}	Дисперсія часу виконання	$D[T]$
	Імовірність визнання виконання робочих блоків правильними при фактично неправильному їх виконанні	K^{01}		

2) для побудови кривої $P_C(t)$ необхідно:

- одержати значення математичного очікування $M[T]$ та дисперсії $D[T]$ часу виконання алгоритму;
- визначити параметри α та β ;
- за отриманими параметрами визначити значення неповної гамма-

функції.

3) при великих значеннях параметрів гамма-розподілу α та β слід перейти до нормального закону розподілу;

4) виходячи з припустимого часу виконання алгоритму визначити імовірність своєчасного його виконання;

5) побудувати криву залежності імовірності виконання алгоритму P_A від часу за формулою

$$P_A(t) = \beta_s^* P_C(t). \quad (1.11)$$

Іншим методом, який використовують в ергономіці для аналізу діяльності оператора, є метод статистичного еталона [1].

Метод спрямований на розрахунок математичного очікування і середнього квадратичного відхилення часу безпомилкового виконання оператором, детермінованого алгоритму залежно від параметрів апаратурної й операційної складності його діяльності на конкретному робочому місці.

Статистичним еталоном називається умовна апаратура, що має конструкцію аналогічну досліджуваному реальному робочому місцю. Вплив апаратурної і операційної складності на характеристики тривалості безпомилкового виконання алгоритмів на такій умовній апаратурі можна досліджувати досить просто експериментальним шляхом.

Для одержання характеристик, що відповідають конкретній операторській діяльності на реальному робочому місці, необхідно в характеристиках, отриманих методом статистичного еталона, врахувати вплив використаних на реальному робочому місці конкретних технічних елементів. За необхідності врахування відхилень умов роботи оператора від лабораторних за реальними характеристиками можна розрахувати робочі характеристики, що враховують додатково фактори режимної складності.

Таким чином, сутність розглянутого методу полягає в умовній заміні реальної апаратури її статистичним еталоном, первинному розрахунку характеристик роботи оператора на ньому з наступним перерахуванням етальонних характеристик у реальні. Зв'язок між етальонними, реальними і робочими характеристиками в схематичному виді наведена на рис. 1.6.

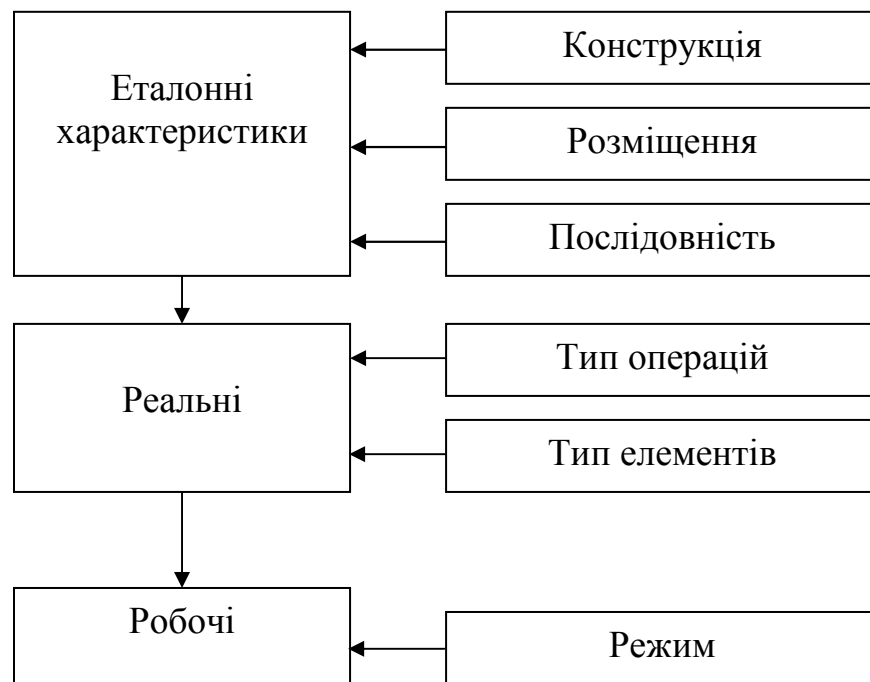


Рис. 1.6 – Зв'язок між етальонними, реальними і робочими характеристиками [1]

Апаратна складність оцінюється за трьома показниками [1]:

1. Площа образу операційного поля (S), яка виражається кількістю повних або неповних умовних кутових одиниць огляду (прямокутників, зі сторонами 40^0 по горизонталі та 20^0 по вертикалі), що вкладаються в контур цього поля без порушення його безперервності.
2. Характер розміщення елементів на операційному полі враховується кількістю горизонтальних рядів (g), у які поєднуються елементи операційного поля.
3. Невпорядкованість алфавіту позначень елементів операційного

поля (a). У тому випадку, коли позначення елементів такі, що кожне позначення однозначно визначає положення елемента серед інших, алфавіт позначень вважається цілком упорядкованим та $a = 0$. У тому випадку, коли позначення елементів не несуть у собі ніякої інформації стосовно положення їх серед інших елементів (наприклад, словесні назви або абстрактні символи), алфавіт позначень вважається цілком невизначеним та $a = 2,5$. При частково упорядкованому алфавіті $a = 1$.

Операційна складність враховується за допомогою показника операційної невпорядкованості (h), який характеризує складність вибору наступних елементів у певному інформаційному полі, кількісно виражається в двоїчних одиницях і розраховується для незалежно обраних елементів за формулою

$$h = \log_2 n, \quad (1.12)$$

де n - кількість елементів, з яких здійснюють вибір у певному операційному полі.

Якщо в полі з n -елементів послідовно вибирається n -раз по 1-му елементу, то

$$h = n \log_2 n. \quad (1.13)$$

Якщо елементи обираються залежно від послідовності їх розміщення або будь-якого закону, то показник операційної невпорядкованості розраховують у вигляді суми

$$h = r \log_2 n + \sum_{i=1}^b (\log_2 r_{1i} + r_{2i} \log_2 n_{1i}), \quad (1.14)$$

де r - кількість елементів інформаційного поля, обраних в алгоритмі незалежно від вибору інших елементів;

n - кількість елементів в операційному полі;
 b - кількість упорядкованих послідовностей в алгоритмі;
 i - номер i -тої упорядкованої послідовності;
 r_{1i} - кількість можливих напрямків вибору наступних елементів (якщо їх вибір пов'язаний з вибором наступного елемента);
 r_{2i} - загальна кількість елементів у i -й упорядкованій послідовності;
 n_{1i} - кількість елементів в i -й упорядкованій послідовності, серед яких здійснюють вибір кожного елемента.

Іноді розрахунок h виконують за наближеними формулами

$$h \approx \sum_{i=1}^n |N_{i+1} - N_i| + \Delta, \quad (1.15)$$

де N_i - номер елемента, що обирають першим;
 N_{i+1} - номер наступного елемента, що обирають.
 Δ - кількість змін знаків у різниці $N_{i+1} - N_i$ при розрахунку n -членів суми.

Елементи нумерують уздовж горизонтальних рядів ліворуч праворуч, починаючи з лівого верхнього кута операційного поля. Довжина маршруту обслуговування (l) розраховується в метрах як сума відстаней між послідовно обраними елементами інформаційного поля.

Для визначення еталонних характеристик тривалості безпомилкового виконання алгоритму його поділяють на сукупності з 10 операцій (рис. 1.7).

Для цих сукупностей розраховують математичне очікування і середнє квадратичне відхилення за рівняннями регресії:

$$m_{ej} = a_o + \sum_{i=1}^5 a_i c_{ij}, \quad (1.16)$$

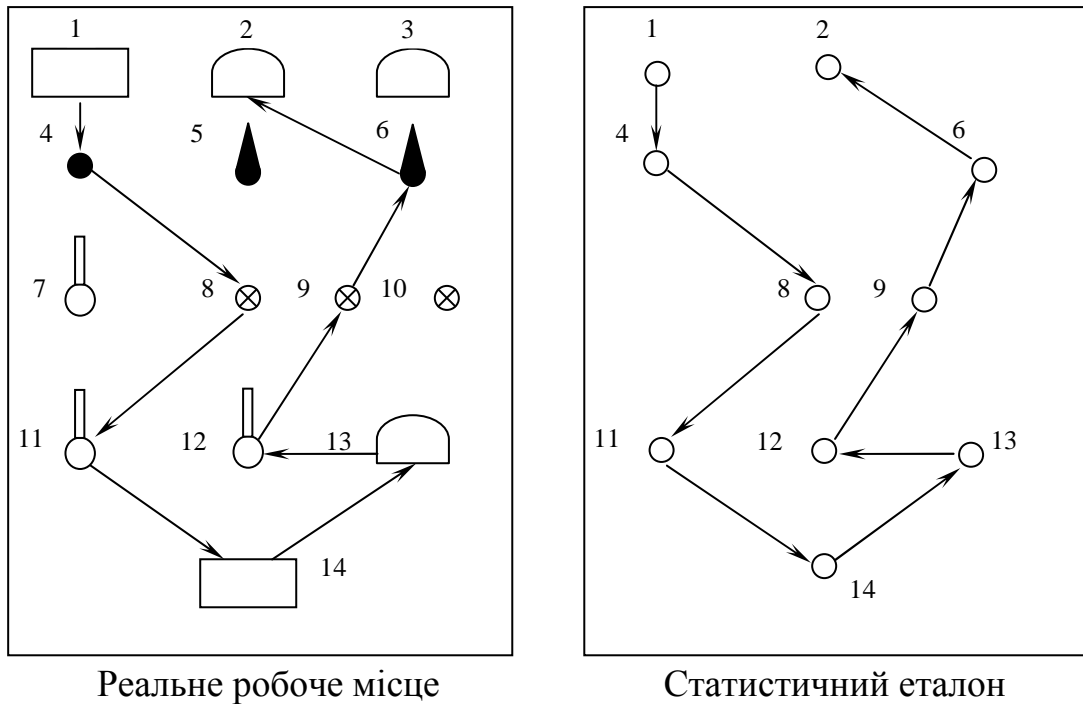


Рис. 1.7 – Послідовність виконання 10 перших операцій на реальній апаратурі і статистичному еталоні [1]

$$\sigma_{ej} = a_o^* + \sum_{i=1}^5 a_i^* c_{ij}, \quad (1.17)$$

де a_o , a_o^* - постійні коефіцієнти регресії;

a_i , a_i^* - коефіцієнти регресії за i -м фактором;

c_{ij} - значення розрахункових параметрів складності j -тої частини (з 10 операцій). $c_{1j} = S$, $c_{2j} = g$, $c_{3j} = a$, $c_{4j} = \lg h$, $c_{5j} = l$.

Визначення еталонних характеристик можливо з використанням двофакторних номограм.

Перехід від оцінок для статистичного еталона до реальних оцінок використовують за формулами

$$m_p = m_e \Delta_p; \quad (1.18)$$

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_e^2 \Delta_p}; \quad (1.19)$$

$$\Delta_p = \frac{n_\kappa + n_n + 0,75n_m + 0,25n_\lambda + 3n_o + 2,5n_p + 5n_{ui}}{n}, \quad (1.20)$$

де n_κ - кількість натискань кнопок;

n_n - кількість перестановок перемикача;

n_m - кількість включень тумблерів;

n_λ - кількість звертань до лампочок;

n_o - кількість відліків за стрілками приладів;

n_p - кількість плавних регулювань (настроювань);

n_{ui} - кількість регулювань за допомогою викрутки;

n - загальна кількість операцій в аналізованій сукупності.

Результати оцінок за кожним блоком (з 10 операцій) надалі сумуються для всього алгоритму.

Імовірність своєчасного і безпомилкового виконання аналізованого алгоритму розраховується за формулою

$$P_A(t) = \begin{cases} 0 & \text{для } t < t_0 \\ 1 - e^{-\mu(t-t_0)} & \text{для } t \geq t_0 \end{cases}, \quad (1.21)$$

де t_0 - параметр зсуву,

$$t_0 = m - 0,7\sigma, \quad (1.22)$$

де μ - параметр інтенсивності,

$$\mu = \frac{1}{\sigma}, \quad (1.23)$$

де m , σ - математичне очікування і середнє квадратичне відхилення часу безпомилкового виконання алгоритму.

Для опису діяльності використовують математичний апарат теорії графів, теорії масового обслуговування, теорії ігор, теорії автоматичного регулювання. За допомогою зазначених видів математичного апарата створюються моделі, однак ці моделі не мають на меті моделювання людини. Мова йде про адекватне представлення результатів діяльності людини і процесу їх одержання.

Для опису процесу цілеспрямованої поведінки людини може бути використано елементи теорії графів, а саме: орієнтовані кінцеві зв'язні графи без циклів (рис.1.8) [9].

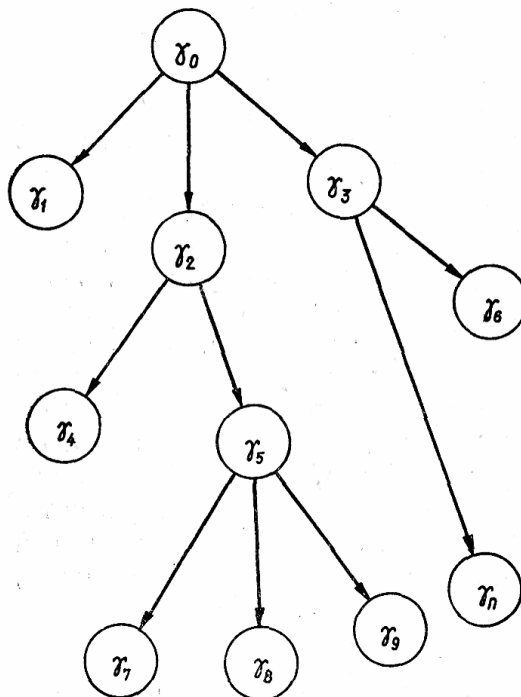


Рис. 1.8 – Орієнтований граф цілеспрямованої поведінки водія
($\gamma_0, \dots, \gamma_n$ – стани системи) [9]

Граф – кінцевий набір об'єктів довільної природи, які називають вершинами, і зв'язків між певними вершинами, які називають ребрами. Граф, у якого вказується напрямок усіх ребер, називають орієнтованим. Цикл у графі відповідає багаторазовому переходу до певної вершини. При описі цілеспрямованої поведінки людини за допомогою графа його вершини інтерпретуються як стани системи, а ребра графа – дії людини, що призводять до переходу системи «людина – техніка» із одного стану в інший. Наявність у кожній наступній дії кількох вершин визначається можливими станами системи.

Для характеристики графа використовують: q - апіорна вага вершини; Q - повна вага вершини; $p_{\gamma}^{\gamma_n}$ - імовірність переходу системи зі стану γ у стан γ_n .

Величина $p_{\gamma}^{\gamma_n}$ задовольняє умовам

$$\sum_{\gamma \rightarrow \gamma_n} p_{\gamma}^{\gamma_n} = 1, \quad 0 \leq p_{\gamma}^{\gamma_n} \leq 1. \quad (1.24)$$

Повна вага проміжної вершини γ залежить від повної ваги наступної вершини γ_n в такий спосіб:

$$Q_{\gamma} = q_{\gamma} + \sum_{\gamma \rightarrow \gamma_n} p_{\gamma}^{\gamma_n} Q_{\gamma_n}, \quad (1.25)$$

де $\gamma \rightarrow \gamma_n$ позначає перехід від мети γ до мети γ_n . В останній формулі підсумовування поширюється на всі вершини γ_n , до яких можна перейти від вершини γ за один крок. Повна вага кінцевої вершини γ_n дорівнює її апіорній вазі ($Q_{\gamma_n} = q_{\gamma_n}$).

Використовуючи перераховані характеристики графа, можна визначити послідовність переходів від мети до мети, що відповідає оптимальній поведінці людини. Цю послідовність можна визначити за

допомогою шляху графа, що має найбільш повну вагу вершин:

$$Q_{\gamma_0} = \max_{\gamma_0 \rightarrow \gamma} \left\{ q_{\gamma} + \sum_{\gamma \rightarrow \gamma_n} p_{\gamma_n}^{\gamma} Q_{\gamma_n} \right\}, \quad (1.26)$$

де γ_0 – початкова вершина.

Розв'язання рівняння (1.26) має вигляд

$$Q_{\gamma_0} = \max_{\gamma_0 \rightarrow \gamma} \{ Q_{\gamma} / \gamma \in n \}, \quad (1.27)$$

де вираження $\gamma \in n$ означає, що вершина γ входить до кінцевої множини вершин n .

Крім наведених оцінок цілеспрямованої поведінки водія може бути використана ще одна – середня кількість станів системи, які вона проходить у процесі досягнення кінцевої мети:

$$n_{cp} = \frac{n + \sum_{i=1}^{i=n} \{m\}^i}{2}, \quad (1.28)$$

де n - загальна кількість вершин у графі;

m - кількість вершин на одному рівні графа;

i - рівень графа або ступінь умовної підмножини станів системи, яка розглядається.

1.3. Ергономічне забезпечення систем

«людина – техніка – середовище»

1.3.1. Особливості ергономічного проектування

Проектування в широкому сенсі – це вибір способу дій людини у процесі взаємодії із середовищем. У вузькому сенсі проектування є процес створення проекту системи як логічної основи наступної діяльності людини. Об'єктом проектування є система [10].

Проект – модель системи, представлена у вигляді креслень, графіків, формул, пояснювальної записки та ін. Проект є результатом розумової діяльності проектувальника в сфері інформації. Система, створена на основі проекту, – результат діяльності людей у сфері матеріальних об'єктів, тобто у сфері маси й енергії [10].

Ядром процесу проектування є конструювання. Об'єктом конструювання є конструкція. Конструкція – комплекс структур і станів системи. Якщо проектування, врешті-решт, зводиться до обґрунтування необхідності створення системи і її розрахункових характеристик, тоді конструювання – процес підбору необхідних конструктивних характеристик, що визначають логічну основу конструкції. Конструкція, також як і проект, є моделлю системи і протиставляється конкретності [10].

Ергономічне проектування полягає в раціональному врахуванні ергономічних факторів під час створення системи «людина – техніка» та становить собою не самостійний етап, який є обов'язковою складовою усіх стадій розробки певної системи [1].

Відправним принципом ергономічного проектування є наступне: ступінь відповідності знарядь праці можливостям та вимогам людини визначає ефективність та надійність виконання оператором завдань, що поставлені перед системою «людина – техніка – середовище» [4].

Тобто мова йде не про засоби пристосування техніки до функціональних можливостей людини, або випадки, коли людина накладає обмеження на функціонування системи «людина – техніка – середовище». Натомість узагальнюється принципово інша послідовність проектних дій: спочатку проектується діяльність людини в системі «людина – техніка – середовище», а вже потім на ґрунті отриманих результатів проектують технічну та середовищну складові системи [4]. Таким чином проектування діяльності передуює проектуванню засобів діяльності. Така послідовність повинна супроводжувати всі проектні етапи, починаючи зі створення загально-функціональної концепції системи [4].

Ергономічне проектування виконують з урахуванням ряду вимог. Під ергономічними вимогами розуміють такі характеристики, які за умови їх втілення в техніку, стають її властивостями і показниками. При формуванні вимог виходять із психологічних, фізіологічних, антропометричних і біомеханічних характеристик людини [2].

Урахування ергономічних факторів відбувається у процесі [1]:

- визначення місця людини у системі «людина – техніка – середовище»;
- розподілу функцій між людиною і технікою;
- розробки зовнішніх засобів діяльності і внутрішніх способів її реалізації: алгоритму діяльності, прийомів прийняття рішень, формування навичок; формуванні виробничого середовища;
- обґрунтування засобів і методів підготовки;
- обґрунтування показників і оцінці якості діяльності людини й ефективності системи.

Урахування ергономічних вимог забезпечує: підвищення ефективності систем «людина – техніка – середовище» та якості праці, зручність експлуатації й обслуговування, скорочення термінів освоєння устаткування, поліпшення умов праці, психічного і фізіологічного стану людини. При цьому досягається значний соціально-економічний ефект, що

виражається в підвищенні привабливості і змістовності праці, підтримці високої працездатності, збереженні здоров'я [2].

Ергономічні вимоги поділяють на загальні й часткові. Загальні вимоги характерні для груп (класу) систем «людина – техніка – середовище», часткові – обумовлені призначенням і особливостями експлуатації конкретних систем [1, 2].

Ергономічні вимоги, що висувають до систем «людина – техніка – середовище» та її компонентів, пов'язані з такою інтегральною характеристикою як ергономічність [1, 2].

1.3.2. Показники ергономічності

Характерні риси людини-оператора, що керує системою (з одного боку, високий ступінь адаптивності й навченості, здатність до самонастроювання і роботи в конфліктних ситуаціях, з іншого боку, залежність її психофізіологічних якостей від зовнішніх умов, фізичного стану і віку; стомлюваність і можливість втрати працездатності за стресових умов) призводять до того, що ефективність як один з головних показників якості системи перестає бути постійною величиною в часі [1].

Ефективність систем «людина – техніка» для конкретних умов її застосування змінюється як у процесі освоєння цих систем, так і в процесі кожної робочої зміни [1].

Після введення системи в експлуатацію починається період її освоєння керуючим і обслуговуючим колективами. Цей період одержав в ергономіці назву періоду пристосування людини до машини. На підставі відомих робіт, присвячених аналізу процесу введення складних систем в експлуатацію, можна вважати, що з математичного погляду цей процес описується експоненціальним законом, параметри якого залежать від багатьох факторів, головними з яких є складність системи і ступінь урахування можливостей людини при її створенні й у процесі

експлуатації [1].

Практичний зміст досліджень процесу освоєння системи полягає, в першу чергу, в можливості встановлення передбачуваних термінів досягнення системою заданого рівня ефективності. Однак навіть після досягнення цього рівня, тобто після завершення періоду освоєння системи, не можна вважати, що її ефективність буде постійною в часі. Мінливість цього показника зумовлена зміною працездатності оператора протягом однієї зміни. Говорити про сталість ефективності системи в часі можна тільки на фазі сталої працездатності людини-оператора, тривалість якої, в першу чергу, визначається ступенем урахування можливостей людини при створенні системи й у процесі її експлуатації [1].

Розглянуті закономірності зумовлені специфічною властивістю – ергономічністю. Під ергономічністю розуміється сукупність властивостей системи, що забезпечують можливість динамічної взаємодії людини з технічними засобами з метою виконання системою поставлених завдань у заданих умовах її експлуатації.

Показники ергономічності дозволяють оцінити очікуваний ступінь реалізації потенційних можливостей системи у процесі її експлуатації [1]. Структурна схема ергономічних показників техніки представлена на рис. 1.9 [2].

Ця структура включає кілька рівнів. Ергономічні властивості і показники (істотні ознаки) кожного попереднього рівня є основою формування ергономічних показників наступного рівня. Вищий рівень розглянутої ієрархічної структури – ергономічність техніки – цілісна її характеристика, органічно пов'язана з показниками продуктивності, надійності й економічності експлуатації. Ергономічність складається із низки ергономічних властивостей, до яких відносять: керованість, обслуговуваність, засвоюваність і життєпридатність [2, 4]. Ергономічні властивості техніки становлять собою визначені передумови, можливості діяльності людини, які відносять до її об'єктивних умов.

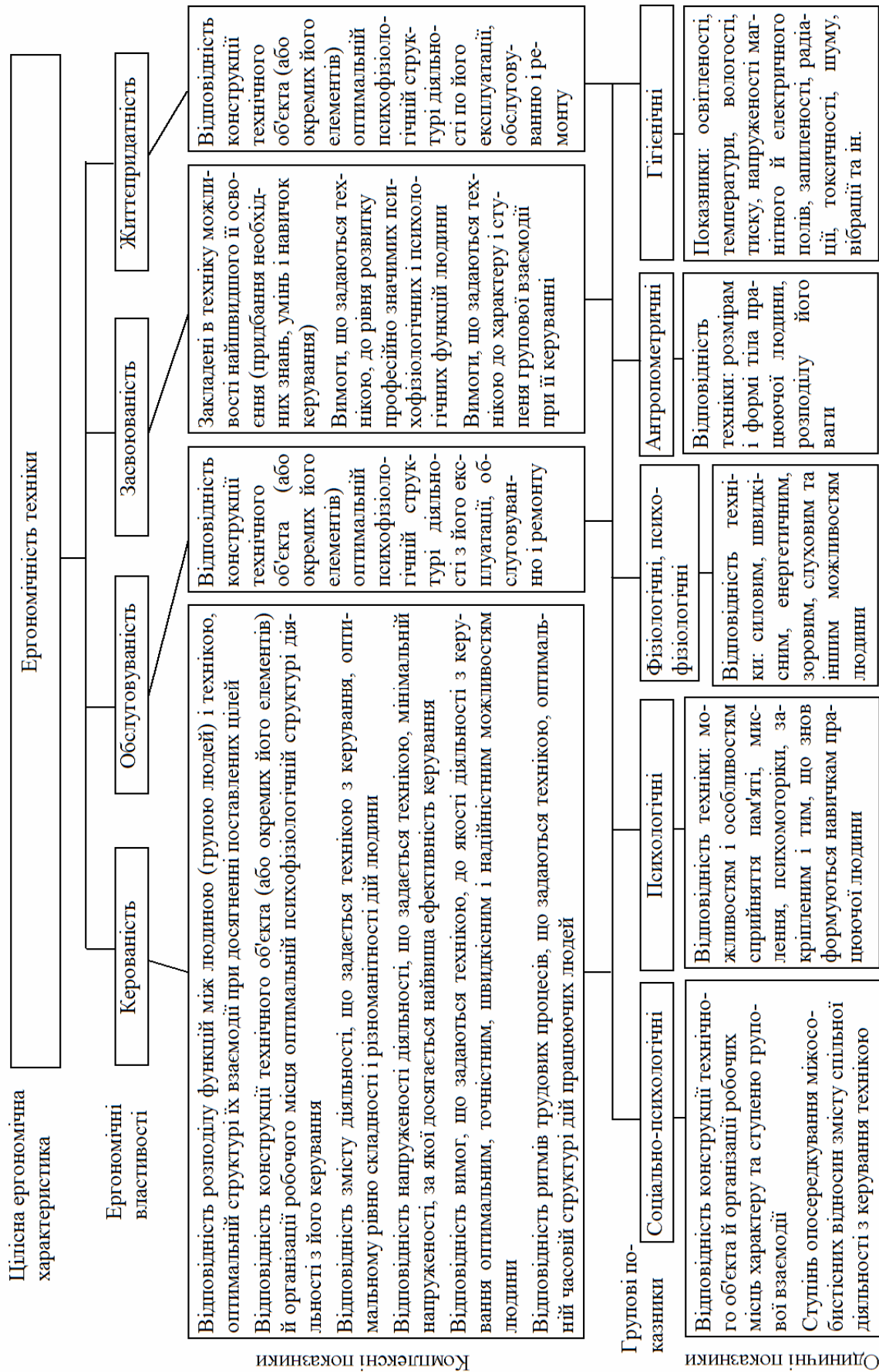


Рис. 1.9 – Структурна схема ергономічних властивостей та показників техніки

Перші три властивості (керованість, обслуговуваність, засвоюваність) описують властивості техніки при яких вона органічно включається в оптимальну психофізіологічну структуру діяльності людини (групи людей) з керування, обслуговування й освоєння техніки [1, 2]. Під структурою завдання розуміють склад і просторово-часову організацію перетворень інформації й енергії, об'єктивно необхідних для зміни властивостей предмета праці відповідно до мети діяльності [1].

Унаслідок цього ергономічність характеризує властивість системи змінювати свою ефективність залежно від рівня урахування можливостей людини в процесі створення системи й експлуатації. Наведені міркування стосувалися поняття ефективності в цілому, без уточнення її рівнів. На практиці у зв'язку з наявністю людини в складі системи виникає необхідність розгляду як мінімум двох рівнів ефективності – потенційного і реалізованого [1].

Під потенційним рівнем ефективності (W_n) варто розуміти ефективність системи, створеної з оптимальним для певного часу рівнем урахування можливостей людини. Потенційний рівень ефективності системи розраховують за умови безпомилкових дій керуючого нею колективу. Реалізований же рівень ефективності (W_p), характерний для реально існуючої системи з властивими їй недоліками через неповне урахування можливостей людини і неоптимальних дій керуючого нею колективу в процесі її експлуатації [1].

Під життєпридатністю розуміється ергономічна властивість техніки, за якої умови її функціонування наближаються до оптимальних з погляду життєдіяльності працюючої людини (групи людей), а також забезпечуються зменшення або ліквідація шкідливих наслідків функціонування техніки для навколишнього середовища [1, 2, 4].

Ергономічні властивості формуються на основі комплексних ергономічних показників, що становлять різні, але взаємозалежні сторони зазначених властивостей. Комплексні ергономічні показники формуються

на основі групових ергономічних показників, що становлять сукупність однорідних одиничних ергономічних показників: соціально-психологічних, психологічних, фізіологічних і психофізіологічних, антропометричних і гігієнічних [2].

Розглянута структура дозволяє представити різні рівні інтегрування в ергономіці, кожний з яких має певну якісну специфіку, та не зводиться до механічного об'єднання складових його показників [2].

Задача узгодження людини і техніки зводиться до забезпечення найбільшої відповідності структури діяльності структурі завдань з метою досягнення максимальної ергономічності системи «людина – техніка» [1].

Розходження в зазначених рівнях ефективності зумовлені, в першу чергу, недоліками, що виникають при обґрунтуванні доцільного для певної системи рівня її автоматизації, при розробці алгоритмів діяльності і конструкції робочих місць операторів, при розробці методів і засобів підготовки операторів, а також при забезпеченні необхідних для нормальної діяльності умов життєпридатності. Таким чином, при прийнятих раніше визначеннях співвідношення потенційного і реалізованого рівнів ефективності може характеризувати ступінь урахування можливостей людини в процесі створення й експлуатації системи і рівень освоєння цієї системи керуючим і обслуговуючим її колективами. Взаємозв'язок показників ергономічності (H) та ефективності (W) визначається наступним виразом [1]:

$$H = \frac{W_p}{W_n}. \quad (1.29)$$

У загальному випадку можна вважати, що зміна реалізованого рівня ефективності в процесі освоєння системи описується виразом [1]

$$W_p = W_{p0} + (W_{p \text{ макс}} - W_{p0}) \left(1 - e^{-\frac{t}{t_{0w}}}\right), \quad (1.30)$$

де $W_{p \text{ макс}}$ - максимально можливий реалізований рівень ефективності системи;

W_{p0} - вихідний, на момент початку освоєння, рівень ефективності;

t_{0W} - постійна часова освоєння системи.

Таким чином, показник ергономічності, є функцією часу

$$H = \frac{1}{W_n} \left[W_{p0} + (W_{p \text{ макс}} - W_{p0}) \left(1 - e^{-\frac{t}{t_{0W}}} \right) \right], \quad (1.31)$$

дозволяє судити про «запаси» ефективності системи, що можуть бути реалізовані при усуненні недоліків в урахуванні можливостей людини й у ході її освоєння (рис. 1.10).

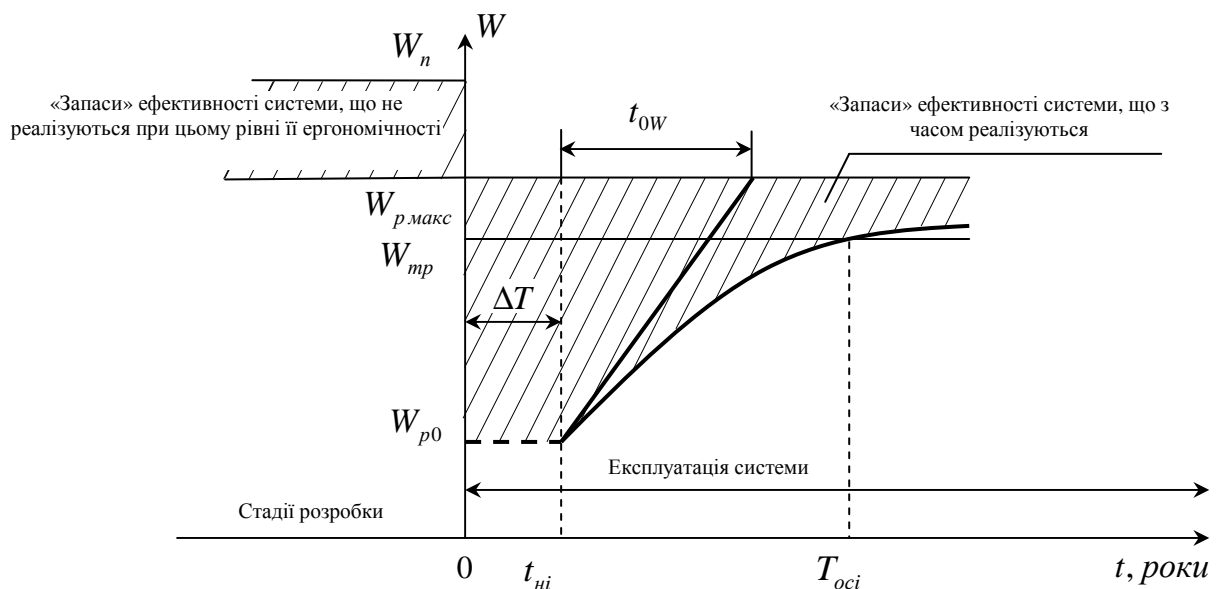


Рис. 1.10 – Співвідношення між потенційною і реальною ефективністю системи «людина – техніка» [1]

З рис. 1.10 випливає, що час освоєння системи в загальному випадку може бути визначений за формулою [1]

$$T_{oci} = \Delta T_i + t_{0W_i} \ln \frac{W_{p \text{ макс}} - W_{pvi}}{W_{p \text{ макс}} - W_{ptri}}, \quad (1.32)$$

$$T_{oc} = \max T_{oci}, \quad (1.33)$$

де T_{oci} - час освоєння системи в i -х умовах;

ΔT_i - тривалість початкового етапу освоєння, у пліні якого не спостерігається приросту ефективності системи;

t_{ow_i} - постійна часу освоєння системи в i -х умовах;

$W_{p\,mpi}$ - необхідний рівень ефективності системи в i -х умовах.

Суттєве значення для аналізу засвоєння системи має оцінка її складності з погляду вимог, що висуваються нею до індивідуальних якостей операторів, які повинні обслуговувати цю систему. Для цього використовують показник комплектуємості системи λ , що характеризує можливість одержання необхідної кількості операторів з випадкової вибірки людей, призначених для освоєння системи [1]:

$$\lambda = \frac{\varphi}{\eta}; \quad (1.34)$$

$$\varphi = \frac{m}{M}; \quad (1.35)$$

$$\eta = \frac{n}{N}, \quad (1.36)$$

де m - кількість осіб зі складу колективу операторів, які вимагають спеціального відбору;

M - загальна чисельність колективу операторів, які обслуговують систему;

n - кількість осіб, придатних за своїми психофізіологічними можливостями до обслуговування цієї системи;

N - загальна чисельність вибірки, зі складу якої відбираються кандидати.

Якщо $\lambda < 1$, то система відноситься до розряду нормально комплектуємих. У випадку $\lambda > 1$ те потрібен попередній відбір.

Для оцінки обслуговуваності системи визначається імовірність своєчасної підготовленості системи обслуговуючим персоналом до застосування.

1.3.3. Урахування ергономічних вимог на стадії розробки та експлуатації систем «людина – техніка – середовище»

Урахування ергономічних вимог повинне пронизувати всі етапи проектних рішень та їх експлуатації. Розглянемо послідовність урахування ергономічних вимог на стадіях розробки та експлуатації систем «людина – техніка – середовище» [1].

Стадія розробки технічного завдання. Вихідними матеріалами для складання технічного завдання на будь-яку систему є [1]:

- результати аналізу потреб у створенні системи;
- дані щодо експлуатації систем-попередників і систем-аналогів, тобто систем, що розв'язують подібні завдання або використовують подібні принципи функціонування, але призначені для інших цілей;
- результати пошукових наукових досліджень і дослідних конструкторських робіт, а також відомості з літературних джерел, що характеризують шляхи подальшого розвитку (удосконалення) систем;
- результати аналізу динаміки і передбачуваний розвиток тих об'єктів (предметів праці), для впливу на які призначена система, яка розроблюється;
- відомості щодо загального технічного розвитку головної і взаємодіючої галузей промисловості.

Використовуючи вищенаведені дані, формулюють мету і завдання, що покладені на систему і визначають умови її застосування. Аналіз поставлених завдань дозволяє визначити необхідні для їх розв'язання

характеристики системи.

Аналізуючи перелічені вихідні матеріали, характеристики майбутньої системи, а також умови, у яких передбачається її експлуатація, ергономіст визначає [1]:

- принципову необхідність і можливість участі людини в роботі системи;
- основні види роботи, що можуть і повинні бути покладені на людину;
- умови і фактори, що можуть впливати на людину в процесі експлуатації системи;
- основні вимоги до операторів.

Використовуючи перераховані дані, ергономіст бере участь в розробці вимог до: рівня автоматизації системи; організації засобів взаємодії операторів з машинною частиною системи; технічних засобів підготовки; умов життєпридатності; рівня стандартизації й уніфікації засобів, що пов'язані з діяльністю людини [1].

Стадія розробки технічної пропозиції. Вихідним матеріалом для роботи ергономіста на цій стадії є: вимоги, викладені в технічному завданні до системи; звітні матеріали щодо експлуатації раніше створених аналогічних систем; результати пошукових науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт; різні варіанти можливих структур системи, запропоновані конструктором. У результаті аналізу цих даних ергономіст надає дані, що дозволяють оцінити запропоновані варіанти системи з погляду урахування в них можливостей людини-оператора, проводить попередній розподіл функцій між операторами і машиною, визначає перелік функцій, які виконує людина, уточнює потрібну кількість операторів для експлуатації системи, методи і засоби їх підготовки, а також бере участь у компонованні робочих місць операторів. Одночасно з цим фахівець з ергономіки перевіряє відповідність варіантів системи вимогам техніки безпеки і виробничої санітарії, бере участь в оцінці її

ефективності [1].

Стадія розробки ескізного проекту. Головним завданням ергономіста на цій стадії є розробка структури діяльності оператора. Для цього, в першу чергу, розподіляють функції між операторами і машиною, визначають характер діяльності і функціональні обов'язки кожного оператора і складають зразкові алгоритми їх роботи [1].

У результаті аналізу функцій, які виконує система, розробляють ергономічне обґрунтування принципових конструктивних рішень наступних елементів системи [1]:

- засобів забезпечення життєдіяльності операторів і захисту їх від дії несприятливих факторів зовнішнього середовища;
- інформаційних моделей (яку інформацію варто видавати оператору, у якому вигляді, з якою дискретністю і т.д.);
- робочих місць операторів, серед них засобів узгодження входів і виходів технічних пристроїв з можливостями людини;
- засобів контролю стану оператора.

Отримані на цьому етапі дані дозволяють оцінити часове завантаження операторів і темпову напруженість їх діяльності, а також уточнити ефективність і ергономічність розробленої системи.

Стадія розробки технічного проекту. На цій стадії приймаються остаточні технічні рішення, що дають повне уявлення про розроблену систему. Ця стадія є найбільш трудомісткою і складною, тому що в процесі розробки технічного проекту детально і конкретно розв'язують завдання урахування ергономічних вимог [1].

Тут основною задачею урахування ергономічних вимог є відпрацювання конкретних рішень по окремих елементах системи, з якими буде взаємодіяти людина [1].

На стадії технічного проекту ергономіст остаточно уточнює структуру й алгоритми діяльності операторів, їх часове завантаження і напруженість роботи, склад і організацію інформаційних моделей,

конструкцію робочих місць, засобів забезпечення умов життєпридатності і т.д. [1].

У процесі технічного проектування ергономіст здійснює детальну професіографію операторської діяльності, розробляє вимоги до операторів, уточнює методи їх підготовки і визначає необхідність професійного відбору окремих операторів певної системи. Крім того, ергономіст бере участь у створенні технічних засобів підготовки, забезпечення безпеки праці, контролю стану оператора й у розробці пропозицій щодо технічної естетики [1].

Стадія розробки робочої документації. У процесі розробки документації, призначеної для виготовлення дослідного зразка, реалізуються конкретні рішення щодо урахування ергономічних вимог у частині, що стосується експлуатації і ремонту системи. Тому серйозну увагу ергономіст повинен приділяти також і розробці експлуатаційних і ремонтних документів, де визначається організація майбутньої діяльності операторів щодо керування технічним обслуговуванням і ремонтом системи [1].

На етапі виготовлення дослідного зразка ергономісти оцінюють і коректують прийняті раніше рішення. На цьому етапі з'являється можливість організації контролю стану оператора як за вихідними показниками його діяльності, так і за характеристиками стану його базових функцій. Результати такого контролю дозволяють оцінити прийнятність конструкторських рішень, можливості операторів з керування створеною системою, розробити рекомендації з організації психофізіологічного добору і підготовки операторів, режимів праці і деяких форм соціального забезпечення операторів [1].

За результатами дослідів оцінюється ефективність і ергономічність системи. При оцінці ефективності системи завдання ергономіста полягає в забезпеченні осіб, що займаються такою оцінкою, вихідними даними про якість діяльності операторів у конкретних умовах [1].

Характер урахування ергономічних вимог на етапі експлуатації багато в чому визначається реалізованим у процесі розробки системи рівнем пристосування технічних засобів до людини. У процесі експлуатації ергономічні вимоги повинні враховуватися при організації: психофізіологічного відбору осіб, здатних працювати операторами; підготовки операторів і колективів у цілому; раціонального режиму праці і відпочинку; збору даних про якість роботи операторів, а також комплектуванні колективів операторів [1].

Чим повніше були враховані ергономічні вимоги на стадіях розробки системи, тим нижче переважно вимоги до психофізіологічних якостей кандидатів на операторські посади цієї системи і тим простіше процес психофізіологічного відбору цих кандидатів [1].

Урахування ергономічних вимог при організації системи навчання і тренувань необхідний при обґрунтуванні структури і послідовності підготовки й галузей використання різних засобів підготовки.

Загальні принципи системи підготовки повинні визначатися на стадіях розробки систем, трохи випереджаючи процес створення технічних засобів підготовки. Для оцінки якості роботи оператора повинні бути обґрунтовані [1]:

- показники, що характеризують роботу оператора в процесі підготовки;
- методи одержання вихідних даних і алгоритми розрахунку обраних показників;
- нормативні (граничні) значення показників для оцінки ходу (рівня) підготовки.

На етапі експлуатації варто організувати збір зведень про якість функціонування технічних ланок і діяльність операторів, що доцільно фіксувати в спеціальних журналах і узагальнювати в інтересах удосконалення методів підготовки операторів і експлуатації систем «людина – техніка – середовище», а також обґрунтування технічних

завдань на модернізацію існуючих систем і розробку вимог до знов створених систем [1].

При організації режиму праці і відпочинку операторів ергономіст повинен у першу чергу [1]:

- встановити тривалість і розподіл змін операторів протягом доби, тижня і на більший термін;
- визначити кількість і склад змін, а також тривалість і характер відпочинку між чергуваннями.

1.4. Питання для самоперевірки та контролю знань

1. Вкажіть соціально-економічну та біологічну сутність трудової діяльності.
2. Вкажіть об'єкт, предмет і завдання ергономіки.
3. Дайте характеристику міждисциплінарним зв'язкам ергономіки.
4. Надайте характеристику системі «людина – техніка – середовище».
5. Вкажіть методологічні засоби ергономіки.
6. Дайте характеристику структурі трудової діяльності з позицій ергономіки.
7. У чому полягає психологічний зміст діяльності людини?
8. Що таке функціональний стан людини? Вкажіть фази зміни працездатності.
9. Дайте характеристику методам аналізу та опису трудової діяльності в системі «людина – техніка – середовище».
10. У чому полягає сутність поняття «ергономічність»?
11. Вкажіть особливості ергономічного проектування.
12. Вкажіть етапи врахування ергономічних вимог на стадії розробки та експлуатації систем «людина – техніка – середовище».

2. ЕРГОНОМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ МІСЬКИМ ПАСАЖИРСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ

2.1. Технологічний процес перевезення пасажирів. Методи проектування

2.1.1. Методи раціональної організації перевезення пасажирів

При організації перевезення пасажирів дослідники під технологією розуміють сукупність застосованих методів і операцій транспортування [11]. Перед автотранспортними підприємствами стоїть складне завдання вибору з усіх заходів, спрямованих на підвищення якості обслуговування пасажирів, тих, котрі найбільш результативні й одночасно вимагають менших витрат [12]. При цьому дослідники відзначають, що показники якості визначаються як безрозмірні функції від параметрів, що описують умови пересування [13]. На думку інших дослідників, ефективність функціонування системи пасажирського транспорту визначається формою якісно-кількісного вираження мети транспортного обслуговування населення, у якій виявляється вся сукупність взаємозв'язків і взаємодій транспортної системи [14, 15].

Технологія міських автобусних перевезень передбачає раціональну організацію руху рухомого складу на основі виявлення і застосування технічних, експлуатаційних, економічних, організаційних та й інших закономірностей перевізного процесу з метою повного і своєчасного задоволення потреб у перевезеннях при дотриманні діючих законодавчих норм, що встановлюють вимоги безпеки дорожнього руху, показники якості транспортного обслуговування пасажирів, режими праці і відпочинку персоналу [11]. На ефективність технологічного процесу безпосередньо впливають показники якості перевезення пасажирів, що

пов'язані з рівнем задоволення потреб населення в транспортному обслуговуванні. Основними показниками якості перевезень пасажирів є: умови проїзду, що характеризуються ступенем наповнення автобуса; регулярність руху рухомого складу; час, витрачений пасажиром на пересування; безпека руху [16, 17]; кількість пересадок [17]. У роботі [17] відзначається, що всі ці фактори мають різне значення для різних груп міст, внаслідок відмінності в умовах пересування. На основі виявлення їхнього значення можливе визначення комплексного показника якості, адекватного оцінці пасажирів. Крім того, рівень обслуговування впливає на транспортну стомлюваність пасажирів, що, в свою чергу, позначається на їхній продуктивності праці на основному виробництві [18].

Раціональна організація перевезень пасажирів припускає необхідність розв'язання таких питань [19], як:

- одержання інформації про коливання пасажиропотоків;
- вибір оптимальних схем маршрутів міського пасажирського транспорту;
- вибір місткості транспортних засобів і визначення їхньої необхідної кількості;
- нормування швидкостей руху;
- координація роботи різних видів пасажирського транспорту;
- складання розкладів руху;
- організація праці водіїв і кондукторів;
- організація випуску транспортних засобів на лінію;
- диспетчерське управління і контроль за роботою рухомих одиниць;
- гарантування безпеки руху.

Раціональна організація технологічного процесу перевезення пасажирів можлива на основі інформації стосовно потреб населення в пересуванні. Існують різні методи визначення величини пасажиропотоків, які описані в працях [14, 16, 20 - 25]. Залежно від рівня розвитку

пасажирської транспортної системи, політики розвитку транспортного обслуговування і накопиченого багажу наукових і практичних знань використовують ті або інші методи обстеження попиту населення [26]. Маршрутна технологія обслуговування застосовується за сталого пасажиропотоку [15]. При визначенні параметрів технологічного процесу перевезення пасажирів на існуючій маршрутній мережі одержання вихідної інформації можливо квитковим, табличним, таблично-опитувальним, талонним і візуальним методами [14, 16, 20 - 25]. Також дослідники пропонують методи автоматизованого обстеження пасажиропотоків, що ґрунтуються на використанні технічних засобів для обліку кількості пасажирів, або проводять прогнозування обсягів пасажирських перевезень на основі прогностичних моделей потреб населення в транспортних послугах [14, 16, 25]. У праці [11] перелік методів обстежень доповнюється розрахунково-аналітичними, заснованими на використанні моделей пасажироутворення, пасажиропоглинання і прогнозу показників, що характеризують потреби в перевезеннях. Інформацію про закономірності формування міжрайонних кореспонденцій можна одержати з застосуванням анкетних методів обстеження [11, 17], що використовуються при проектуванні нової або корегуванні існуючої маршрутної мережі. Залежно від поставлених завдань можуть бути вивчені трудові, культурно-побутові або ділові поїздки населення. Також анкети дозволяють з'ясувати характер розподілу пасажиропотоків за маршрутами, окремими видами транспорту, в цілому по транспортній мережі, пункти і кількість пересадок і т.д. [17]. Інші дослідники рекомендують прогнозувати транспортну рухомість на перспективу з урахуванням звітно-статистичних показників, виходячи з граничних значень для кожної групи міст [22].

Для ефективної організації технологічного процесу перевезення пасажирів його параметри повинні змінюватись відповідно до зміни потреб населення в пересуваннях [11, 23]. Проведені раніше дослідження

[16, 19, 21, 22] дозволили виявити істотні коливання пасажиропотоків у просторі і часі. Певною закономірністю відрізняються коливання пасажиропотоків за годинами доби [11, 15, 16, 19, 21, 22]. Дані про коливання протягом годин служать підставою для вибору раціональної місткості рухомих одиниць і визначення необхідної їхньої кількості, встановлення диференційованих норм часу на здійснення рейсів автобусів, інтервалів їхнього руху, складання розкладу руху транспортних засобів за кожним маршрутом. Тому ці коливання, на думку дослідників, становлять найбільший інтерес [19, 22]. Велике значення при організації і плануванні пасажирських перевезень має встановлення нерівномірності розподілу пасажиропотоку за довжиною маршруту [16, 21]. На більшості автобусних маршрутів пасажиропотік зазнає значних коливань по перегонах, що веде до різкої зміни наповнення транспортних засобів. З урахуванням розподілу пасажиропотоку за довжиною маршруту розв'язують такі завдання як організація звичайних або укорочених рейсів, зміна довжини окремих маршрутів, розподіл маршруту великої довжини на два більш коротких, організація напівекспресних або експресних рейсів [16, 17]. Отримані дані можуть бути використані для вибору автобусів раціональної місткості і визначення їхньої необхідної кількості, раціонального розміщення й устаткування зупиночних пунктів на маршруті.

Характерна закономірність спостерігається в коливаннях пасажиропотоків за днями тижня [18, 22, 27]. Вони залежать головним чином від режиму роботи промислових, сільськогосподарських, торговельних і культурно-побутових підприємств і організацій, а також від регулярності роботи усіх видів пасажирського транспорту. Ці закономірності використовують при плануванні роботи рухомого складу на лінії, визначенні необхідної кількості автобусів для роботи на маршруті, складанні розкладу руху і графіків постановки транспортних засобів на технічне обслуговування і ремонт.

Пасажиропотокам властиві коливання не тільки за днями тижня, але

і за місяцями року [16, 19, 21, 22]. З метою виявлення загальних закономірностей ці коливання вивчають за звітними даними про обсяги перевезень. Виявляючи закономірності в коливаннях пасажиропотоків маршрутною мережею, автотранспортні підприємства одержують дані для обґрунтованого планування роботи рухомого складу на лінії.

Визначити закономірності коливання пасажиропотоків, основні техніко-експлуатаційні й економічні показники роботи транспортних засобів можливо в результаті обробки й аналізу матеріалів обстеження пасажиропотоків [19]. Основними показниками роботи транспортних засобів на маршрутах, на думку дослідників [17, 19], є: обсяг перевезень пасажирів і пасажирообіг; середня дальність поїздки пасажирів; місткість транспортних засобів та їхня необхідна кількість; тривалість роботи автобусів на маршруті; час і кількість рейсів; загальний пробіг маршрутом; коефіцієнти використання пробігу і місткості; швидкості руху; інтервали і частота руху; доходи від експлуатації.

Перевезення пасажирів автобусами повинно здійснюватися з найбільшими зручностями, безпечно і з можливо меншою витратою часу на поїздку. Регулярні перевезення пасажирів автобусним транспортом виконують за визначеними маршрутами [16, 17, 23]. Маршрутна технологія перевезень пасажирів полягає в організації руху рухомого складу незмінним шляхом проходження у вигляді послідовності повторюваних циклів транспортування [11]. Правильний вибір маршруту руху транспортних засобів у містах впливає на загальну величину витрат часу населення на пересування й ефективність використання рухомого складу [24]. Розробка системи маршрутів міського пасажирського транспорту припускає: вибір і обґрунтування раціональної траси, напрямків руху, кінцевих пунктів і проміжних зупинок [23]. Основним критерієм, що враховують при формуванні маршрутної системи, є зниження витрат часу пасажирів на поїздки [11]. Крім того, параметри маршрутної системи мають постійний і значний вплив як на зручність

поїздки, швидкість доставки і безпеку руху, так і на ефективність функціонування автобусів, режими праці водіїв і рівень доходів автотранспортних підприємств [23]. Таким чином, завдання формування маршрутної системи є багатокритеріальним, що вимагає врахування різних технологічних обмежень [11].

Підвищення ефективності маршруту руху транспортного засобу досягається за рахунок вибору раціональної траси, яка характеризується непрямолінійністю і високою змінюваністю пасажирів, яка визначає рентабельність маршруту [23]. Як показали раніше проведені дослідження [21, 28], трасу автобусного маршруту обирають при обов'язковому дотриманні наступних вимог: проїждна частина дороги і вулиці повинна бути упоряджена і мати ширину, достатню для безпечного роз'їзду автобусів із зустрічними автомобілями; загальна максимальна маса транспортного засобу не повинна перевищувати припустимих навантажень для мостів, розташованих на трасі маршруту; усі місця, небезпечні для руху автобусів, повинні мати огороження і відповідні попереджуючі знаки. У праці [24] автори відзначають, що при виборі й обґрунтуванні маршрутів керуються наступними вимогами: основні пункти транспортного тяжіння і масового скупчення пасажирів пов'язують між собою найкоротшими напрямками; маршрути повинні забезпечувати безпересадкові поїздки пасажирів основними напрямками; маршрути міських сполучень повинні забезпечувати зручність пересадки пасажирів приміських і міжміських автобусів на транспортні засоби інших видів міського транспорту. Довжину автобусних маршрутів визначають залежно від розмірів і планування міста з урахуванням забезпечення рівномірного наповнення транспортних засобів по всій довжині в різні періоди доби. При цьому маршрутний коефіцієнт і щільність транспортної мережі можуть бути критеріями ефективного вибору маршруту руху [17, 20, 24]. На думку інших дослідників [29], для скорочення витрат часу пасажирів на дістання до зупиночних пунктів необхідно підвищувати щільність

транспортної мережі і зменшувати довжину перегонів. Крім того, як відзначають автори [23], параметри системи автобусних маршрутів значно впливають на режими праці водіїв.

Технологія перевезення пасажирів передбачає використання різних типів маршрутів. У роботах [11, 15, 17, 23, 24] маршрути поділяють на постійні і тимчасові. За характером розташування на території міста дослідники виділяють діаметральні, радіальні, радіально-кільцеві, тангенціальні, кільцеві, напівкільцеві і комбіновані маршрути. Крім того, вони можуть також розрізнятися на центральні й периферійні. За потужністю пасажиропотоку й обсягом перевезень пасажирів маршрути групують на основні, допоміжні і додаткові [23, 24]. За умовами використання автобусів і характером їхнього руху міські маршрути поділяють на звичайні й укорочені, швидкісні і експресні [17, 23]. За маршрутних таксомоторних перевезень маршрути поділяють на цілком дублюючі маршрути інших видів міського пасажирського транспорту, частково дублюючі і самостійні [20, 30]. Внаслідок цього, при розробці технологічного процесу перевезення пасажирів необхідно враховувати особливості того або іншого типу маршрутів. Для цього дослідниками були розроблені різні методики для розробки їхніх раціональних схем [31, 32, 33, 34].

Зупиночні пункти за своїм призначенням підрозділяють на початкові, кінцеві, проміжні [11, 15, 24] і суміщенні [11]. Початкові і кінцеві пункти розміщуються на відособлених від руху транспортних засобів і пішоходів майданчиках, що забезпечують безпечний під'їзд і розворот автобусів [24]. Проміжні пункти міських маршрутів встановлюються в місцях найбільшого скупчення пасажирів, поблизу промислових підприємств, адміністративних і культурних установ і т.д. [11, 15]. Вони повинні забезпечувати зручність посадки і висаджування пасажирів, безпеку руху транспортних засобів і пішоходів [24], зручність пересадок [13]. Суміщені зупинки використовуються одночасно кількома

видами транспорту [11].

Оптимальна довжина перегонів на міських маршрутах варіюється в межах 300-500 м [16, 24]. В окремих випадках відстань між зупинками може бути збільшена до 800-1000 м [16, 35]. У праці [27] автори відзначають, що місця розміщення зупиночних пунктів обирають з урахуванням гарантування безпеки руху, зручності посадки і висадки пасажирів і погоджують з органами державної автомобільної інспекції. Оптимальна відстань між зупиночними пунктами повинна обиратися з урахуванням наступних факторів: з одного боку, невеликі довжини перегонів забезпечують найменші витрати часу на підхід до зупиночного пункту, з іншого боку, при цьому швидкість сполучення знижується і збільшується тривалість самої поїздки [14, 16, 17]. Витрати часу пасажирів на підхід до зупиночних пунктів у містах по змозі не повинні перевищувати 10-15 хвилин, при цьому враховують маршрути усіх видів міського пасажирського транспорту [26]. При визначенні місця розміщення зупиночних пунктів міських маршрутів необхідно враховувати сполучення з діючими зупиночними пунктами інших маршрутів [11]. Автобусні зупинки повинні по змозі сполучатися з пішохідно-швидкісними смугами і розміщуватися на горизонтальних ділянках доріг і вулиць [24]. При високій частоті руху транспортних засобів, слід організовувати здвоєні зупиночні пункти. У кінцевих пунктах повинні передбачатися майданчики для відстою автобусів [28].

Ефективність використання транспортних засобів і забезпечення мінімальних витрат часу пасажирів на пересування досягається за рахунок раціонального вибору кількості й типу рухомого складу [20, 22]. Необхідна кількість рухомого складу встановлюється виходячи з умови призначення на кожен маршрут такої кількості автобусів визначеної пасажировмісткості, яка забезпечує мінімум витрат перевізника за умови дотримання нормативних вимог до якості транспортного обслуговування [11, 15]. Усі фактори, що впливають на вибір типу рухомого складу і його

кількості для роботи на маршруті, прийнято поділяти на п'ять груп: економічні, соціальні, технічні, експлуатаційні і юридичні [20, 36]. На практиці, на думку дослідників, вибір типу і необхідної кількості транспортних засобів для роботи на маршруті проводиться, головним чином, на основі економічних факторів за умови дотримання обмежувальних соціальних, технічних, експлуатаційних і юридичних факторів. Для цього транспортні засоби повинні бути розподілені за маршрутами відповідно до потужності пасажиропотоків на них. На кожному маршруті переважно використовується рухомий склад одного типу. Але при різких коливаннях пасажиропотоків за годинами доби доцільно використовувати автобуси різної місткості [16, 17]. Так само при виборі раціональної місткості варто враховувати величину пасажиропотоку або наповнення на найбільш завантаженій ділянці, нерівномірність за годинами доби і ділянками маршруту, припустимі інтервали руху, пропускну здатність вулиць і умови руху, витрати на експлуатацію [11, 16, 20, 24, 25]. На думку інших дослідників, основним критерієм для вибору раціональної місткості автобуса є доцільний інтервал руху [23, 27, 30], що залежить від потужності пасажиропотоку на найбільш завантаженій ділянці і припустимій місткості транспортного засобу [23]. Для нормального обслуговування пасажирів середні інтервали руху на міських маршрутах повинні складати не більш 3-5 хвилин [22, 23], а на основних найбільш завантажених маршрутах обслуговування пасажирів повинно здійснюватися з інтервалами в 2-3 хвилини [23]. У містах з великими пересадками на маршрутах, інтервали повинні бути менші, ніж у містах з меншою чисельністю населення [22]. На думку інших дослідників інтервал руху на період великих потоків пасажирів не повинний перевищувати 6-7 хвилин і в середньому на добу – 10 хвилин [35].

У праці [22] місткість рухомого складу пропонується обирати залежно від граничного значення напруженості пасажиропотоку на маршруті. Також вибір місткості автобуса можна здійснювати,

використовуючи графоаналітичний метод порівняння наявних моделей рухомого складу (одночасно задовольняючи і інші вимоги міських перевезень) за собівартістю перевезень і інтервалом руху (якість обслуговування населення) [16]. Наступний метод, що застосовують при визначенні необхідної кількості автобусів, ґрунтується на даних про коливання пасажиропотоків за годинами доби [19]. При цьому враховується обсяг перевезень пасажирів на максимально завантаженому напрямку, час оберту автобуса на маршруті, його місткість, ступінь її використання і час, протягом якого утримується розрахунковий обсяг перевезень на маршруті.

Два варіанти визначення потреби в транспортних засобах пропонується в праці [21]: виходячи або з кількості пасажирів на ділянках з максимальним потоком пасажирів, або з середніх розмірів потоків за рейс. При розгляді першого способу, на думку дослідників, ступінь заповнення салону на інших ділянках буде низькою. Другий спосіб – більш раціональний, за умови врахування коефіцієнта нерівномірності. Однак, при застосуванні кожного з них доцільно враховувати продуктивність рухомого складу. Розрахунок потрібної кількості автобусів можна робити за іншою методикою з використанням значення частоти руху [16, 23, 30]. На деяких маршрутах за наявності внутрішньогодинних мікропіків для недопущення перевантаження транспортних засобів потребу в них слід розраховувати не за годинним пасажиропотоком, а за більш короткий відрізок часу [16, 30]. Інші дослідники пропонують визначення кількості транспортних засобів на основі інформації про добовий обсяг перевезень на маршруті з урахуванням коливань пасажиропотоків за годинами доби, за довжиною маршруту, місткістю, часом роботи і рейсом [11]. У деяких джерелах [16, 30] пропонується визначати кількість автобусів, необхідну для роботи на маршруті, на основі даних про максимальне значення пасажиропотоку на ділянці маршруту з найбільшим заповненням транспортного засобу пасажирями, час його оберту, коефіцієнт

внутрішньогодинної нерівномірності пасажиропотоку, номінальну місткість автобуса і час роботи. Дослідники в праці [37] пропонують методику визначення необхідної кількості рухомих одиниць і їхнього розподілу по маршрутах, що забезпечує рівність імовірностей відмови пасажирам у посадці в транспортний засіб на кожному маршруті.

Також необхідно підвищувати ефективність перевезень на періоди спаду пасажиропотоку [14]. Цей період на маршрутах міського пасажирського транспорту характеризується зниженням обсягу перевезень, нерівномірністю потоків пасажирів за часом, зниженням ефективності використання автобусів через необхідність забезпечення їхнього руху з встановленими максимально припустимими інтервалами. Різкий спад пасажиропотоку, наявність на маршрутах незначної кількості рухомого складу, обмеження за режимом організації праці водіїв, на думку дослідників, вимагають застосування нових форм і методів транспортного обслуговування населення на цей період. Найбільш ефективні з них – організація суміщених, чергових і змішаних (автобусно-таксомоторних) маршрутів [14, 38]. У різні періоди доби залежно від коливань пасажиропотоків можливе використання різних форм організації автобусних перевезень [39].

Визначення необхідної кількості автобусів для перевезення пасажирів базується на інформації про швидкості руху транспортних засобів. Експлуатаційна швидкість характеризує організацію руху і якість роботи підприємства в цілому [22]. Вона залежить від цілої низки факторів, основними з яких є довжина перегону, склад транспортного потоку, прийняті методи регулювання руху, стан доріг, динамічні якості рухомого складу і його стан. Експлуатаційну швидкість нормують для кожного автобусного маршруту окремо. Особливість роботи транспорту, що здійснює рух за встановленим розкладом або за заданими інтервалами, полягає в тому, що водії не мають права самостійно скорочувати час пробігу на маршруті [16]. Збільшення експлуатаційної швидкості за

дотримання безпеки руху підвищує продуктивність праці водіїв, дозволяє освоювати перевезення пасажирів на маршруті меншою кількістю автобусів [23]. Також збільшення експлуатаційної швидкості є важливим фактором при скороченні витрат часу пасажирів на пересування, при підвищенні ефективності використання автобусів і продуктивності праці водіїв [21].

Швидкість руху є одним з найважливіших показників роботи пасажирського автомобільного транспорту, тому що диференціація швидкостей руху забезпечує раціональні режими водіння автобусів і сприяє підвищенню безпеки руху протягом усього маршруту [23]. Її рівень характеризує стан організації автобусних перевезень і якість обслуговування пасажирів [23]. Існує науково-обґрунтована і розроблена класифікація факторів складності міських маршрутів, що дозволяє встановити їхній зв'язок з реальними режимами руху й умовами роботи автобусів на лінії [40]. Також деякі дослідники відзначають, що гранична емоційна напруга водія обмежує верхню межу або інтервал психологічно можливих швидкостей руху [41]. Значення швидкості руху можна визначити з відношення пройденої транспортним засобом відстані (пробігу) та часу його руху [16, 23, 24]. Величина швидкості руху є найважливішим чинником, що впливає на ефективність використання рухомого складу і витрати часу пасажирів на поїздку [23].

Визначення часу рейсу являє собою основну вихідну частину даних, необхідних для розробки маршрутних розкладів [35]. Обґрунтовано встановлений час рейсу не тільки визначає раціональну швидкість руху, але впливає на умови і режим водіння автобусу, на регулярність і безпеку руху. Час рейсу може бути визначений методом хронометражних спостережень [23]. При іншому методі нормування часу рейсу використовують спеціальні технічні засоби, що дозволяють значно підвищити точність досліджень і зменшити трудомісткість вимірів і обробки інформації [24]. Нормування часу рейсу виконують на основі

інформації про його тривалість за найбільш і найменш сприятливих умов руху на маршруті [11, 23]. При цьому, час руху складає приблизно 80-85% загального часу рейсу [24].

Важливим фактором, що впливає на час рейсу, є тривалість стоянки автобусів у кінцевих пунктах, що встановлюють диференційованим за періодами доби і визначають залежно від довжини маршруту, часу рейсу й умов руху [23]. Також, як відзначають інші дослідники [24], час простою в кінцевому пункті залежить ще і від умов підїзду і розвороту автобусів, прийнятого методу контролю над регулярністю руху.

Для підвищення рівня обслуговування населення автобусні маршрути міських сполучень повинні бути узгодженими між собою і з маршрутами інших видів міського пасажирського транспорту (трамвай, тролейбус, метро), а також із приміським автобусним, залізничним і водним сполученням. При цьому варто домагатися до того, щоб тими самими ділянками єдиної комплексної транспортної мережі міста проходили маршрути не більш двох видів транспорту. Сполучення трьох видів наземного пасажирського транспорту на однакових напрямках знижує провізну спроможність і безпеку руху [22, 23]. Погоджений розвиток усіх видів міського пасажирського транспорту, координація планування, єдина організація і комплексне керування рухом значно впливають на поліпшення якості обслуговування пасажирів, підвищення ефективності використання транспортних засобів, скорочення матеріальних і трудових витрат [23]. Ефективна координація руху усіх видів пасажирського транспорту в місті сприяє скороченню пересадок пасажирів між різними видами транспорту, зниженню наповнюваності рухомого складу, скороченню витрат часу населення на підхід до зупиночних пунктів, очікування рухомого складу і пересування, підвищенню його продуктивності, поліпшенню збору проїзної плати [17, 23]. Найбільш ефективна координація руху всіх видів міського транспорту здійснюється в умовах єдиної системи управління, включаючи

господарську діяльність підприємств. Координація роботи різних видів пасажирського транспорту може відбуватися на рівні координації маршрутів і розкладу руху транспортних засобів [17, 20, 21, 24].

Регулярний рух автобусів міськими, приміськими, внутрішньорайонними і міжміськими маршрутами повинен здійснюватися строго за розкладом [16]. Основною вимогою до складання розкладу є забезпечення пасажиром мінімальних витрат часу на очікування автобусів і пересування до місця призначення при найбільш раціональному використанні наявних транспортних засобів [21]. При складанні розкладу руху маршрутом визначається час руху від початкової до кінцевої станції, простою на зупиночних пунктах, простою на перехрестях і інших видів простоїв, що залежать від регулювання вуличного руху, а також час стоянки транспортного засобу на початковій і кінцевій зупинках [20, 21]. Розрахунок усіх перерахованих вище даних проводиться за допомогою хронометражних спостережень [21, 23]. У результаті цих спостережень дослідниками було виявлено, що протягом доби швидкості руху автобусів змінюються на 15-20%, на вхід кожного пасажиром витрачається від 1 до 1,2 секунди і на вихід – від 0,9 до 1 секунди [21]. При застосуванні транспортних засобів з низькою посадкою нормативи посадки-висадки можуть скоротитися на 30-40%.

При складанні розкладу враховують технологічні особливості організації транспортного процесу (періоди змін лінійних бригад, початок і закінчення руху на маршруті, інтервали руху і т.п.) [17, 21]. Для кожного маршруту можливе складання, так званих варіантних розкладів, що диференційовані залежно від можливої зміни кількості автобусів, що виходять на лінію [42]. У підсумку складають наступні види розкладу: зведений маршрутний; станційне для кінцевих і проміжних (контрольних) зупиночних пунктів; робочий, який видається для виконання кожному водієві при виїзді з гаража [21, 23]. Маршрутні розклади, на підставі яких розробляють усі інші їхні види, регламентують графіки виходу і

повернення автобусів з лінії, обідні перерви водіїв, час і місце їхньої зміни [16, 17]. Розроблений розклад руху є завданням на перевезення водієві. Раніше були розроблені алгоритми, за допомогою яких можливо використовувати електронно-обчислювальну техніку для розрахунку розкладів руху автобусів на міських маршрутах [16, 21, 43]. Це дозволяє набагато скоротити витрати часу на складання розкладу руху, оперативно враховувати зміни умов роботи транспортних засобів на маршруті.

З метою точного і більш ефективного виконання затвердженого розкладу і плану перевезення пасажирів застосовують диспетчерське управління [16, 19 - 24, 28, 30, 44, 45]. Воно передбачає контроль своєчасного випуску транспортних засобів на лінію і їхнє повернення, регулювання руху під час перебування на лінії з метою точного і найбільш ефективного виконання затвердженого розкладу руху і плану перевезення пасажирів. Можливо також застосування автоматизованих систем диспетчерського управління [42, 46].

Таким чином, ефективність технологічного процесу перевезення пасажирів визначається різними факторами. Для підвищення ефективності і системної стійкості під час перевезення повинна бути забезпечена максимальна координація й інтеграція всіх ланок транспортного процесу, які беруть участь у формуванні і управлінні основними і допоміжними матеріальними і пов'язаними з ними інформаційними і транспортними потоками [15]. В остаточному підсумку, будь-яке рішення з управління технологічним процесом перевезення пасажирів реалізує водій. Як показують раніше проведені дослідження [21], раціональний режим роботи водіїв повинен забезпечувати високу продуктивність праці, безпеку при перевезеннях пасажирів, їх нормальне обслуговування. Внаслідок цього, виникає необхідність аналізу встановлених трудовим законодавством норм тривалості робочого дня, перерв протягом робочого дня для відпочинку і прийому їжі.

2.1.2. Тривалість праці й відпочинку водіїв автомобільного транспорту

Параметри роботи людини-оператора за величиною і за тривалістю повинні формуватися на підставі професійних знань і умінь, психофізіологічно важливих якостей, функціонального стану, параметрів навколишнього середовища. Тільки такі параметри працездатності можуть гарантувати необхідний рівень ефективності виробничої діяльності [47].

Автотранспортний технологічний процес є процесом зі складним технологічним циклом [16, 17, 19, 48]. Водій є головним і безпосереднім учасником виконання цього процесу, який керує рухом транспортних засобів на маршруті. Дослідники відносять професію водія до операторів динамічних об'єктів [49]. Від організації його роботи значною мірою залежить рівень продуктивності праці, ефективність перевезень і безпека руху [19, 48]. Режими праці прямо пов'язані зі збереженням здоров'я, продовженням професійного довголіття працівників [50].

Причиною помилок водіїв при тривалому керуванні автомобілем є стомлення, що знижує його працездатність. Це може призвести до виникнення дорожньо-транспортних пригод і є несприятливою умовою, що ускладнює дії водіїв в аварійних ситуаціях. Стомленню водіїв сприяє багато факторів, серед них великі нервові й фізичні перевантаження на маршруті [51]. Одним з основних завдань при організації трудового процесу є визначення часу настання стомлення [50].

У результаті раніше проведених досліджень встановлено, що кількість дорожньо-транспортних пригод залежить від часу, протягом якого водій керує транспортним засобом. Найменша кількість дорожньо-транспортних пригод трапляється в інтервалі з третьої по сьому годину роботи. Наприкінці робочого дня аварійність у 3-4 рази вища, ніж у середині зміни [52]. Так при керуванні транспортним засобом від 7 до 12 годин дорожньо-транспортні пригоди трапляються в 2 рази [35, 51], а при

тривалості керування понад 12 годин – у 9 разів частіше, ніж при праці тривалістю до 7 годин [51]. Найбільш важкі дорожньо-транспортні пригоди відбуваються наприкінці робочого дня в інтервалі від 17 до 24 години [52]. Раніше було встановлено, що 64 % пригод відбувається після 6-7 годин керування транспортним засобом. Імовірність виникнення дорожньо-транспортної пригоди за 12 годинної тривалості робочого дня в 1,3 рази вище, ніж при 8 годинній [53]. Водії, що працюють більше 7 годин, потрапляють у 1/3 усіх випадків [51]. При цьому 10 з 11 смертельних випадків припадає на дорожньо-транспортні ситуації, допущені водіями після 10 годин роботи [54], а у водіїв, які працюють понад 12 годин, дорожньо-транспортні пригоди зі смертельними наслідками виникають у 1,5 рази частіше [51, 55].

Це визначається динамікою працездатності водія, що залежить від виду перевезень [53]. Так, на думку одних дослідників, тривалість «впрацювання» водіїв складає від 0,5 до 1,5 годин [52]. Інші відзначають, що формування високого рівня працездатності відбувається перші 1,5-2 години [56]. За даними, наведеними у праці [57], перші 1,5-2,5 години роботи відбувається «впрацювання» організму, після якого настає період найвищої працездатності. Через 4-5 годин починається поступове наростання порушень психофізіологічних функцій. Зниження напруженості роботи звичайно відзначається на шостій-сьомій годині роботи [52]. Виражене стомлення водіїв спостерігається при тривалості робочого дня більше 8 годин [51]. Аналогічного висновку дійшли дослідники в праці [58], які виявили, що працездатність водія зберігається на досить високому рівні лише протягом семи-восьми годин роботи, після чого вона знижується. Перевтома розвивається у водіїв, що працюють щодня по 10 годин і більше [51]. Після десятої години роботи спостерігається таке зниження працездатності, яке неприпустиме з погляду безпеки дорожнього руху [56], а після дванадцяти годин спостерігається значне зниження рівня професійно-важливих фізіологічних функцій [53].

Кількість водіїв, що подають скарги на утому, зниження уваги, сонливість при тривалості робочого дня до 8 годин відповідно на 22,7%, 9,0% і 3,5% менше, ніж за його тривалості 12 і більш годин [53]. При цьому, іноді до кінця зміни у водіїв спостерігається поліпшення деяких показників діяльності, що, на думку дослідників, зумовлено високою напругою адаптаційно-компенсаторних механізмів, спрямованих на збереження її достатнього рівня [56]. Аналогічного висновку дійшли автори у працях [53, 59]. Було виявлено, що при 8-12 годинній робочій зміні на восьмий-десятій годині роботи у водіїв міських автобусів після зниження рівня функціонування знову спостерігається період активізації деяких фізіологічних функцій, що проявляється або в поліпшенні, або в стабілізації (стосовно рівня, зареєстрованого в попередньому періоді) показників функціонального стану організму водія [59]. Фактично ж тривалість роботи у водіїв значно більша періоду високого рівня працездатності. У 70% щоденна тривалість водіння понад 8 годин. З них у 39,2% випадків середня тривалість водіння складала 9-10 годин; 45,5% водіїв переробляють на місяць від 20 до 40 годин [51]. Таким чином, вибір оптимальної тривалості робочого дня має особливе значення в раціональному вирішенні проблеми «людина – машина» [60].

Визначенням раціональної тривалості робочого дня людство займалося з моменту розвитку цивілізації. Ще в другій половині XIX століття робочий день переважно складав до 12-14 годин [50]. Багато лідерів того часу виступали за скорочення його тривалості. Однак науково-обґрунтованих критеріїв цієї величини не було. Перші рекомендації з тривалості робочого дня були розроблені видатним російським фізіологом І.М. Сеченовим. На підставі висновку стосовно циклічності роботи серцевого м'яза людини (скорочення, розслаблення і відсутність реакції на подразник), ним був запропонований добовий цикл людини, який складався з трьох частин: 8 годин повинен займати сон, 8 годин – робота, а 8 годин людина повинна приділяти активному відпочинку. Однак такий

підхід не враховує специфіку трудової діяльності робітників різних професій. Необхідний диференційований підхід до режиму праці і відпочинку кожної професії, зміна їхньої тривалості залежно від змісту й умов праці [50].

Проектування робочого дня водіїв має велике значення з метою підвищення надійності їхньої роботи [41, 61]. Розробка режимів праці і відпочинку є досить складним завданням, при цьому цілком однаково повинні бути дотримані дві протилежні вимоги: підвищення надійності «людського фактора» і максимально повне дотримання всіх компонентів виробничого процесу [50]. Як показують раніше проведені дослідження, умови праці і правильна організація її режиму мають велику вагу в підвищенні продуктивності трудової діяльності на виробництві [41, 61]. Рациональний режим праці і відпочинку – це чергування роботи і перерв, яке встановлюється на основі аналізу працездатності з метою забезпечення високої продуктивності праці і збереження здоров'я працівників [62]. З погляду фізіології, режим праці і відпочинку являє собою процес управління функціональним станом працівника з метою оптимізації його діяльності [63]. Факторами підвищення продуктивності праці водія виступають не тільки техніко-експлуатаційні показники використання парку рухомого складу, але і заходи, що завдяки підвищенню ефективності використання робочого часу дозволяють краще використовувати транспортні засоби [61, 64]. Вплив низки таких виробничих факторів як нервово-емоційна напруга, шум, вібрація і т.д. на водіїв міського пасажирського транспорту більш тривалий, ніж на водіїв, що здійснюють інші види перевезень, при рівноцінній тривалості робочого дня [54]. Характерним для водіїв міського пасажирського транспорту є висока напруженість праці, робота зі змінними графіками, в тому числі й у нічний час [49, 65]. При цьому до факторів напруженості праці операторів динамічних об'єктів можна віднести високий ступінь особистої відповідальності за життя людей і збереження транспортного засобу,

постійне очікування аварійної ситуації, необхідність приймати рішення в умовах дефіциту часу і т.д. [49].

Внаслідок цього, при організації праці водіїв необхідно жорстко дотримуватися встановленого нормованого режиму праці і відпочинку, правильного чергування ранкових, денних і вечірніх змін роботи, не допускати фізичної перевтоми водіїв через понаднормові роботи [19]. При цьому, дослідники вважають, що тривалість робочого дня водіїв, перерви для прийняття їжі і відпочинку, дні їхнього щотижневого відпочинку повинні встановлюватися з урахуванням забезпечення продуктивності роботи рухомого складу на лінії, а також дотримання вимог трудового законодавства, відомчих правил і інструкцій з охорони праці [66]. Часова організація праці – це упорядковане чергування часу роботи і відпочинку протягом робочої зміни, тижня, місяця і року. Організація процесу праці в часі повинна забезпечити гармонійну злагодженість роботи змінників [41]. Розробка раціональних режимів праці і відпочинку операторів припускає розв'язання низки взаємозалежних питань: визначення тривалості робочої зміни; визначення тривалості, періодичності і способів проведення перерв у роботі протягом робочого дня; планування роботи оператора протягом робочої зміни, доби, тижня [62]. Вирішальне значення, на думку дослідників, для раціоналізації функціональної напруги має визначення абсолютних припустимих величин періодів роботи і відпочинку [63]. Ефективність режиму праці і відпочинку оцінюється критеріями працездатності і функціонального стану працівників, економічними і соціальними критеріями [63, 67]. Помилки водія можуть виникати через різноманітні причини: його індивідуальні недоліки, порушення стану організму, ергономічні недосконалості транспортних засобів [68]. Внаслідок цього, при розробці режимів праці і відпочинку необхідно враховувати закономірності динаміки працездатності, конкретні організаційно-технічні умови виробництва, особливості відновлення фізіологічних функцій організму [63].

Робочим часом називають час, що робітники та службовці відповідно до правил внутрішнього розпорядку підприємств зобов'язані використати для виробничої діяльності і виконання трудових обов'язків [66, 69]. На автотранспортних підприємствах з метою забезпечення контролю дотримання встановленого законом режиму робочого часу організовують поденний або помісячний (підсумковий) облік робочого часу водіїв [15, 19, 48].

Поденний облік робочого часу застосовують в тому випадку, якщо водії працюють щодня однакову кількість годин на зміну, не враховуючи понаднормові роботи, і облік ведеться по днях. За такого обліку переробка понад встановлену тривалість робочого дня не може компенсуватися недоробкою в інші дні і навпаки [19, 48].

Залежно від конкретних умов перевезень час роботи водіїв на лінії на зміну може бути різним. Внаслідок цього, в автотранспортних підприємствах найбільшого поширення набув помісячний облік робочого часу. При цьому сумарні години його роботи протягом місяця не повинні перевищувати норми місячного балансу робочого часу [19, 48, 66, 69, 70].

Місячний баланс робочого часу визначається на основі наступних даних [24]: кількості робочих днів на місяць, тобто календарних днів певного місяця за винятком днів відпочинку і свят; тривалості робочої зміни; часу тривалості робочих змін у передсвяткові і передвихідні дні.

Години роботи, що перевищують місячний фонд робочого часу, є понаднормовими. Якщо водій протягом місяця мав перерви в роботі з поважних причин, норма робочого часу за обліковий місяць відповідно зменшується [19]. Щоб витримати задану норму місячного робочого часу водіїв, на більшості транспортних підприємствах застосовують змінний графік роботи, що передбачає призначення протягом місяця на різні за змінністю виходи з різною тривалістю роботи [17].

При плануванні й організації праці водіїв до складу робочого часу включають [15, 19, 21, 48, 66, 68, 71]: час керування автотранспортним

засобом на маршруті; час стоянки в пунктах навантаження і розвантаження вантажів, у місцях посадки і висадки пасажирів, у місцях використання устаткування спеціальних автотранспортних засобів; час простою не з вини водія; підготовчо-заключний час тривалістю 18 хвилин для виконання робіт перед виїздом на маршрут і після повернення, а при міжміських перевезеннях – для виконання робіт перед початком і після закінчення зміни в місці стоянки в кінцевих або проміжних пунктах маршруту; час проведення медичного огляду водія перед виїздом на маршрут і після повернення тривалістю до 5 хвилин на зміну; час зупинок, передбачених графіком, для короткочасного відпочинку від керування автотранспортним засобом на маршруті і в кінцевих пунктах; час для огляду і технічного обслуговування транспортних засобів на проміжних і кінцевих пунктах маршруту; час охорони автомобіля з вантажем або без нього під час стоянки в кінцевих і проміжних пунктах при здійсненні міжміських перевезень у випадку, якщо такі обов'язки передбачені трудовим договором (контрактом) водія; половина часу, передбаченого завданням на рейс (розкладом, графіком) міжміського сполучення, при роботі двох водіїв на рухомій одиниці, обладнаній спальним місцем; час проведення робіт з усунення технічних несправностей на маршруті, а також у польових умовах через відсутність технічної допомоги; інший час, передбачений законодавством.

Початком робочої зміни вважається момент прибуття на місце постійної роботи (до автотранспортного підприємства або до пункту зміни водіїв) за графіком (розкладом), а закінченням – момент здачі транспортного засобу на підприємстві або на пункті зміни водіїв. У випадку, якщо поїздка не відбулася, закінченням робочого дня вважається момент звільнення водія адміністрацією [71].

Фактично, за даними раніше проведених досліджень, у 57,4% водіїв автобусів тривалість робочої зміни складає 11 годин, а в 32,5% – понад 12 годин [54]. Практично аналогічні результати приведені у праці [53]: у

44,1% водіїв робочий день перевищує 10 годин, а в 22,8% – 12 годин. Як відзначають дослідники, особливістю трудової діяльності водіїв автобусів є велика питома вага часу безпосереднього керування автомобілем відносно загальної тривалості робочої зміни [54]. Він займає в середньому $9 \pm 1,4$ години, що фактично складає увесь час роботи. У 64,2% водіїв таксомоторів тривалість робочого дня перевищує 10 годин, а в 31,4% – 12 годин [53].

Припустима тривалість робочої зміни визначається тим моментом часу, коли відбувається вагоме (у статистичному сенсі) погіршення досліджених показників порівняно з тими, які були на початку фази стійкої працездатності операторів [62]. За рекомендаціями фізіологів час роботи повинен визначатися її інтенсивністю. Збільшення енерговитрат у 2 рази скорочує робочий час у 4 рази. При цьому, припустимий час роботи повинен бути оберненопропорційним частоті пульсу. При робочій частоті пульсу 100 ударів на хвилину тривалість робочого часу складає 8 годин, а при частоті пульсу 150 ударів на хвилину – тільки 2 години. Зі збільшенням фізичної працездатності людини збільшується припустима величина темпу роботи, щільність робочого часу і приріст робочого пульсу [63].

При визначенні гранично припустимих норм тривалості роботи водія транспортних засобів дослідники доходять різних висновків. На думку одних, середня тривалість робочої зміни визначається відповідно до нормальної кількості робочих годин одного водія в певному місяці, їхній кількості в бригаді, за якою закріплені автомобілі, загальної кількості робочих змін на закріплених транспортних засобах у певному місяці [69, 72]. Місячний баланс робочого часу повинний складати 178 годин [73], а при семигодинному робочому дні може коливатися від 155 до 185 годин [29]. При цьому нормована тривалість робочого часу водіїв на тиждень не повинна перевищувати граничної величини. При визначенні її значення дослідники наводять різні дані. У працях [11, 15, 69] наводиться значення

40 годин на тиждень, а в працях [21, 23, 41, 66, 72 - 74] – 41 година на тиждень. Середня тривалість робочого тижня, понад яку застосовують режим понаднормових робіт, не повинна перевищувати 48 годин [11].

На думку інших, час перебування за кермом не повинен перевищувати 7-8 годин на добу [48, 75 - 77]. Це правило поширюється на водіїв автомобілів вантажопідйомністю понад 3,5 т і автобусів місткістю понад 9 чоловік, включаючи водія [75]. Власно керування автомобілем не повинне продовжуватися понад 7 годин і в рідких випадках – не перевищувати 9 годин [77].

Дослідники також відзначають, що тривалість робочого дня водія може бути різною [17, 54, 57]. У праці [17] наведені дані, що тривалість зміни встановлюється рівною 7 годинам, але припускається відхилення від 3,5 до 8,5 годин, а у виняткових випадках і до 9,5 годин. Також наведені рекомендації, згідно з якими робоча зміна водія не повинна продовжуватися понад 8 годин [21, 77]. Відхилення від цього правила припустимі тільки в тому випадку, коли введений 46-годинний робочий тиждень. Однак, у будь-якому випадку робоча зміна не повинна продовжуватися понад 11 годин, а наступна – понад 8 годин [77].

Щоденна тривалість керування транспортним засобом протягом періоду щоденної роботи не може перевищувати 9 годин на день [11, 15, 29, 69] і 48 годин на тиждень, а в умовах гірської місцевості під час перевезення пасажирів автобусами габаритною довжиною понад 9,5 м – 8 годин [15, 69].

Фізіологи відзначають, що за нормальної тривалості робочого тижня можлива 12 годинна робоча зміна [63]. У якості граничної для водіїв дослідники рекомендують тривалість робочого дня 11-12 годин [21, 57]. При цьому необхідно враховувати, яким чином і скільки водіїв закріплено за автомобілем, за яким тижневим графіком працює водій. Якщо за розкладом передбачається рух транспортного засобу понад 12 годин на добу, то після закінчення цього часу його повинен обслуговувати інший

водій [21]. При міжміських перевезеннях тривалість робочого часу може складати за узгодженням з профспілковою організацією до 10 годин [68]. Тривалість робочої зміни понад 10 годин не може бути встановлена водіям зі стажем керування менше 3 років або у випадку заборони цього за медичними показниками [69].

Інші дослідники відзначають, що при міжміських перевезеннях тривалість робочої зміни може складати понад 10 годин, але не більше 12 годин [48, 66, 78]. При цьому, на такому автомобілі повинно бути обладнане спеціальне місце для відпочинку й у рейс призначають двох водіїв [48]. За даними праці [69, 73] два водія призначають у рейс за тривалості робочого часу понад 12 годин. Також тривалість робочого дня може складати 12 годин і більше у водіїв таксі й автобусів [57].

Крім того, при міжнародних перевезеннях щоденна тривалість керування автотранспортними засобами водієм, між будь-якими двома періодами щоденного відпочинку або між щоденним періодом відпочинку і щотижневим періодом відпочинку, не повинна перевищувати 9 годин. Вона може бути збільшена до 10 годин, але не більше двох разів на тиждень. При цьому сумарна тривалість керування автотранспортними засобами за два тижні підряд не повинна перевищувати 90 годин [69, 79].

У праці [53] визначена оптимальна, припустима і гранично припустима тривалість роботи на маршруті водія пасажирського автотранспорту. Вони складають відповідно: для міських перевезень – 6, 8 і 10 годин, для приміських перевезень – 6-7, 8 і 10 годин; для міжміських перевезень оптимальна тривалість – 6 годин; для міських таксомоторних перевезень – 7, 9 і 11 годин.

У деяких працях дослідники наводять дані, що час щоденної роботи водіїв при шестиденному тижні не повинен перевищувати 7 годин, а напередодні вихідних днів – 6 годин [11, 19, 21, 48, 66, 69, 72, 73]. Інші відзначають, що при шестиденному робочому тижні з одним вихідним днем тривалість щоденної роботи не може перевищувати 7 годин при

тижневій нормі 36 годин, 4 годин – при тижневій нормі 24 години [70]. Графіки робіт водіїв із тривалістю зміни понад 7 годин на добу повинен вводити керівник автотранспортного підприємства за узгодженням із профспілковою організацією [21].

У передсвяткові дні тривалість роботи водіїв скорочується на 1 годину [19, 21, 66, 72]. При праці в нічний час з 22 до 6 години встановлений час роботи за зміну також повинен скорочуватися на 1 годину [19, 66, 68, 70, 72]. При цьому, деякі дослідники відзначають, що у випадку, коли це необхідно за умовами виробництва, а також на змінних роботах при шестиденному робочому тижні з одним вихідним днем, тривалість нічної роботи зрівнюється з денною [66].

При п'ятиденному робочому тижні тривалість зміни повинна становити 8 годин 15 хвилин у звичайні дні, 8 годин – у передвихідні дні і 7 годин 15 хвилин – у передсвяткові дні [19, 48, 70]. За даними робіт [11, 69] за такої організації роботи тривалість щоденної роботи не може бути понад 8 годин у звичайні дні, 7 годин – у передсвяткові, 5 годин – напередодні вихідних.

При праці водіїв через день, із двома робочими днями і третім вихідним її тривалість може складати 8-12 годин [48]. Для водіїв, що працюють в особливих умовах, встановлюється ненормований робочий день [19, 48]. Інші дослідники визначають, що безперервне водіння автобуса припустиме не більше 3 годин, за даними [77], і 5 годин за даними [21, 73, 80]. При цьому період керування вважається безперервним, якщо не було перерви принаймні протягом 30 хвилин, за даними [80].

При підсумованому обліку робочого часу тривалість робочої зміни водіїв може встановлюватися до 10 годин [11, 35, 66, 69, 70, 72]. У праці [23] відзначається, що в цьому випадку ця тривалість повинна бути не більше 10 годин. В інших працях наводять дані, що з дозволу профспілкових організацій вона може бути збільшена до 12 годин з дотриманням нормальної кількості робочих годин за обліковий період [35,

66, 70, 72]. У працях [69, 73] надається уточнення, що 12 годин щоденної роботи можливо тільки у випадку, якщо загальна тривалість керування автомобілем протягом періоду щоденної роботи не перевищує 9 годин. При підсумованому обліку робочого часу не більше двох разів на тиждень щоденна тривалість керування автомобілем може бути збільшена до 10 годин [11]. При цьому сумарна тривалість керування автомобілем за два тижня підряд не повинна перевищувати 90 годин. Для водіїв автомобілів, зайнятих перевезенням пасажирів у курортній місцевості в літньо-осінній період і на інших перевезеннях, пов'язаних з обслуговуванням сезонних робіт, за узгодженням із профспілковими організаціями може встановлюватися обліковий період від одного до шести місяців [66].

При багатозмінній роботі необхідно намагатися, щоб якнайменше людей починало і закінчувало роботу в період з 2 до 5 годин. При роботі в дві зміни першу необхідно починати о 7 годині, а другу закінчувати не пізніше 24 годин [41].

До понаднормових робіт водії можуть залучатися тільки з дозволу профспілкової організації [72]. Фактично, дослідження показали, що 87,3% водіїв автобусів залучаються до понаднормових робіт, причому в 20,7% вони складають 40 годин і більше на місяць [54]. За даними інших дослідників, 71% водіїв щомісяця беруть участь у понаднормових роботах [53]. При підсумованому обліку робочого часу понаднормова робота протягом дня разом з роботою за графіком не повинна перевищувати 12 годин [66]. Регламентована тривалість цих робіт повинна складати не більше 4 годин протягом двох днів поспіль і 120 годин на рік [66, 70, 72]. В іншому джерелі відзначається, що ця тривалість не може перевищувати 75 годин на рік при підсумованому обліку робочого часу і 100 годин на рік – у випадку використання щотижневої норми тривалості робочого часу [69].

Крім робочого часу, зміна добового циклу людини включає такі важливі елементи повсякденного життя, як харчування, відпочинок і сон. Утома, недосипання, відчуття голоду безпосередньо відбиваються на

працездатності водія і помітно знижують її [81]. Істотний вплив на працездатність водіїв має порушення ритму відпочинку, особливо нічного сну [54]. Відповідно до діючого законодавства, водіям, крім часу роботи, планують: перерви протягом робочої зміни для відпочинку і харчування; щоденний і щотижневий відпочинок; відпочинок у святкові дні; щорічну основну і додаткову відпустку; відпочинок в інших випадках, передбачених законодавством [19, 23, 24, 66, 69]. Тривалість відпочинку повинна задовольняти двом умовам: бути достатньою для відновлення працездатності і можливості повторної роботи; зберігати робочий стан. З позицій фізіології відносний час відпочинку на одиницю часу роботи тим більше, чим вищий темп роботи і чим менший невикористаний резерв підвищення темпу роботи. Скорочення періодів роботи зменшує припустиму величину часу на відновлення працездатності. Сумарне відновлення функцій тим більше, чим більша кількість періодів відпочинку при незмінній його тривалості [63]. Фахівцями з фізіології і психології праці були розроблені різні методи планування кількості періодів для відпочинку і їхньої тривалості. Так, один метод передбачає норму часу на відпочинок визначати залежно від сили і тривалості дії кожного фактора умов праці. Відповідно до іншого методу, загальний час відпочинку встановлюється у процесі виробничого експерименту шляхом порівняння ефектів різних режимів відпочинку. Наступний метод полягає у визначенні часу на відпочинок на основі фізіологічних характеристик. При цьому пропонуються різні принципи. Так, одні дослідники пропонують припиняти роботу, коли досягається визначений рівень напруженості конкретної фізіологічної функції. У більшості випадків як показник використовується частота пульсу, гранична величина якого визначається в 60-100 ударів [63]. Використовуючи цей підхід, фізіологами була визначена залежність між робочою частотою пульсу працівників і тривалістю робочого часу [63, 82]. Іншим, найбільш прийнятим, критерієм гранично допустимого рівня навантаження на організм дослідники

вважають середню частоту пульсу за зміну, включаючи періоди роботи і відпочинку. Для визначення додаткової тривалості відпочинку при важких роботах пропонують використовувати показник енерговитрат, при цьому оптимальними вважаються витрати енергії за хвилину на рівні 4 кілокалорій. Ще один метод визначення часу на відпочинок базується на обліку часу відновлення фізіологічних функцій до вихідного рівня. Однак на думку дослідників, не зовсім коректно при усіх видах робіт орієнтуватися на одну фізіологічну функцію. Найбільш обґрунтованим вважається метод визначення загального часу відпочинку за показниками стомлення і умов праці [63], заснований на встановленій залежності загального часу відпочинку від показника стомлення [63, 83]. Виявлення кореляції між показником стомлення й умовами праці дозволило розробити метод визначення часу на регламентовані перерви, відповідно до якого кожен фактор умов праці оцінюється за відповідними критеріями 1-4 балами, що потім додаються. З використанням цієї суми за емпіричною формулою визначається час відпочинку. Крім часу на відпочинок, при усіх видах робіт повинен встановлюватися час на природні потреби в розмірі 10-15 хвилин за зміну [63].

Велике значення для збереження здоров'я водіїв і підтримки високої працездатності має організація регулярного і раціонального харчування [76]. Дослідники відзначають, що в 52,1% водіїв автобусів загальна тривалість перерв для відпочинку не перевищує 5 хвилин на день [53]. Фізіологи рекомендують перерви на обід встановлювати в середині зміни або з відхиленням від неї в межах однієї години. При цьому нормальна тривалість обідньої перерви повинна складати 40-60 хвилин [63]. При визначенні часу призначення і тривалості обідніх перерв водіїв рекомендації дослідників також не завжди збігаються. Одні дослідники визначають, що перерва для відпочинку і харчування надається тривалістю не більш 2 годин, переважно у середині робочої зміни, але не пізніше, ніж через 4 години після початку роботи [11, 19, 23, 66, 70]. У праці [68]

визначається мінімальна тривалість такої перерви у 15 хвилин. Відзначається, що час початку і закінчення перерви встановлюється правилами внутрішнього розпорядку, а їхня кількість залежить від тривалості зміни [19, 23, 66, 70]. Інші рекомендують планування обіду через 4 години після початку роботи [72, 73]. При цьому його тривалість повинна складати від 30 хвилин до 2 годин. На думку третіх, обідня перерва найбільш доречна через 3,5-4 години роботи, тому що в цей час відзначаються перші ознаки стомлення [58]. При цьому оптимальна тривалість перерви повинна складати 45-60 хвилин за умови, що у водія буде можливість прийняти їжу за перші 20-25 хвилин, а час, що залишився, використовувати для відпочинку. У випадку визначення графіком тривалості щоденного робочого часу більше 8 годин, водієві може надаватися дві перерви для відпочинку і харчування тривалістю не більш 2 годин [11, 66, 69, 70, 76]. Також можлива різна тривалість перерв для відпочинку і прийняття їжі залежно від режиму роботи водія. При щоденному режимі краща тривалість 0,5 години (від 0,25 до 1 години), при змішаному режимі – 1 година (від 0,5 до 2 годин) [37].

У праці [17] відзначено, що обідня перерва повинна призначатися приблизно в середині зміни і знаходитися в межах від 0,5 до 2 годин, при цьому допускається зменшення обідньої перерви до 10 хвилин. Причому, обідні перерви тривалістю більш 10 хвилин не зараховують в робочий час, а тривалістю до 10 хвилин – зараховують. Дослідники у праці [56] відзначають, що час початку і закінчення перерви може визначатися самим водієм, виходячи з конкретних умов виробництва.

Крім перерв на обід, раціональний внутрішньозмінний режим праці і відпочинку включає регламентовані перерви на відпочинок. Фізіологами доведена висока ефективність періодів відпочинку тривалістю 1-2 хвилини після тривалості роботи 6-15 хвилин. Для робіт, пов'язаних з високим нервовим напруженням, тривалість безперервної роботи не повинна перевищувати 15 хвилин, а тривалість відпочинку – 2-5 хвилин [63]. При

точних і монотонних роботах рекомендуються короткі, 3-5 – хвилинні перерви, що влаштовують досить часто, наприклад, щогодини [60].

Відсутність необхідності в перервах при русі менше 3 годин відзначається авторами у працях [73, 77]. При русі від 3 до 5 годин щогодини необхідно зупинятися на 5 хвилин, а після другої і четвертої години робити більш тривалу зупинку з невеликим прийомом їжі [73, 77]. Інші дослідники наводять дані, що при керуванні транспортним засобом до 5 годин, після 2 годин безперервного руху автобуса необхідно передбачати 5 хвилин відпочинку, а в наступні 2 години – 10 хвилин [21]. При русі більш 5 годин – через годину необхідна 5 хвилинна зупинка. Після другої і третьої години більш тривалі зупинки з прийомом їжі, а після четвертої години – тривала перерва не менше 30 хвилин [77].

У праці [20] на кожен вихід на лінію тривалістю понад 5 годин пропонується передбачати перерву 0,5 години, а для більш тривалих виходів час на перерви пропонується розраховувати з урахуванням цієї величини, виходячи з необхідного часу роботи випуску і тривалості робочої зміни за винятком підготовчого часу.

Для забезпечення безпеки руху дослідники рекомендують після 3 годин роботи давати водієві 15-хвилинну перерву, а після трьох наступних годин безперервної роботи 30 хвилинну перерву для відпочинку. Перерва тривалістю 30 хвилин повинна розподілятися таким способом: після 4 годин роботи – 5-хвилинна перерва, після 5 годин роботи – 10-хвилинна перерва і після 6 годин – 15-хвилинна перерва [73, 77]. Обов'язкову перерву тривалістю годину визначають дослідники у праці [76].

Для водіїв автобусів, що працюють на регулярних пасажирських лініях, з їхньої згоди може встановлюватися робочий день з поділом зміни на дві частини не пізніше, ніж через 4 години після початку роботи з урахуванням часу, необхідного для повернення на місце стоянки. При цьому час перерви, який повинен бути не менш двох годин, без врахування часу обідньої перерви, у робочий час не включається [11, 23, 66, 69].

На міжміських перевезеннях після трьох годин безперервного водіння транспортного засобу передбачають зупинки для відпочинку тривалістю 10 хвилин. Надалі стоянка такої тривалості передбачається після кожної другої години [19, 66]. У праці [68] величина цього відпочинку визначається в 15 хвилин.

При міжнародних перевезеннях перерви для відпочинку і харчування водіям повинні надаватися тривалістю не менше 45 хвилин і не більше 2 годин зазвичай не пізніше, ніж через 4 години після початку роботи [69]. Після керування автотранспортним засобом протягом 4,5 години водій повинен зробити перерву в керуванні щонайменше на 45 хвилин, якщо не настає період відпочинку. Ця перерва може бути замінена періодами відпочинку тривалістю не менше 15 хвилин кожний, розподіленими протягом часу керування автотранспортним засобом так, щоб у підсумку він складав не менше 45 хвилин [69, 79].

Більш диференційовані рекомендації з регламентації перерв були наведені у праці [53]. Згідно з цими дослідженнями при міських автобусних перевезеннях у першу зміну 1-а перерва для відпочинку необхідна після двох годин роботи на маршруті; 2-га перерва (для прийому їжі і відпочинку) – після 3,5-4 годин; 3-я перерва – після 5 годин; 4-та перерва – після 6-6,5 годин; наступні перерви необхідно організовувати через кожні 1-1,5 години роботи на маршруті. В другу зміну 1-а перерва для відпочинку необхідна після 2,5-3 годин роботи на маршруті; 2-га перерва (для прийому їжі і відпочинку) – після 5 годин; 3-я перерва – після 6-6,5 годин; наступні перерви необхідно організовувати щогодини роботи на маршруті. При 9-10 годинній робочій зміні другу перерву для прийому їжі (сполучається з перервою для відпочинку) необхідно влаштовувати через 3,5-4 години після першої обідньої перерви [53].

При приміських автобусних перевезеннях 1-а перерва для відпочинку необхідна після 2,5-3 годин роботи на маршруті, 2-а перерва для прийому їжі і відпочинку після 4-5 годин, 3-я перерва – після 6-6,5

годин, 4-а перерва для прийому їжі і відпочинку після 8 годин [53].

При міжміських автобусних перевезеннях, починаючи з другої години роботи на маршруті необхідно організовувати перерви після кожної години водіння. Обідню перерву для водія необхідно організовувати після чотирьох годин роботи на маршруті [53].

При міських таксомоторних перевезеннях із тривалістю робочої зміни 9-11 годин час перебування водія на лінії повинен складати 1,5 години для організації двох обідніх перерв, що повинні влаштовуватися через 3,5-4 і 8 годин роботи на лінії [53].

Тривалість обідньої перерви водія пасажирського транспорту повинна складати 45-60 хвилин, тривалість однієї внутрішньозмінної перерви для відпочинку – 5-10 хвилин [53]. За іншими даними, час для короткочасного відпочинку тривалістю не менше 15 хвилин надається на кінцевих пунктах маршруту [69].

З огляду на тривалість періоду «впрацювання», протягом якого водії потрапляють у велику кількість дорожньо-транспортних пригод, перша перерва для відпочинку тривалістю 5-10 хвилин доцільна не раніше, ніж через 2,5-3 години водіння [58]. На думку інших дослідників, після 2 годин безперервного руху автобуса необхідно передбачати 5 хвилин відпочинку, а в наступні 2 години – 10 хвилин [21, 73]. У другій половині робочого дня рекомендується організовувати перерви, які поступово збільшуються від 5 до 15 хвилин через кожні 1-2 години [58].

З урахуванням динаміки працездатності тривалість і періодичність перерв визначають, з одного боку, за кількістю періодів її спаду, а з іншого боку – глибиною її зниження [62]. Тривалість регламентованих перерв для відпочинку зумовлена хвилеподібним характером відновлювальних процесів [63]. Обідню перерву доцільно призначати в період максимального спаду працездатності, але не пізніше 3-4 годин після початку роботи. Її тривалість повинна складати 0,5-0,75 години [41].

Там, де пред'являються високі вимоги до уваги і точної координації

рухів, де велике нервово-психічне навантаження, рекомендуються переважніше короткі (5-10 хвилин), але часті перерви [62]. При фізичній роботі оптимальна тривалість перерви складає 7-15 хвилин.

При визначенні моментів призначення перерви на відпочинок дослідники використовують різні підходи. Деякі автори вважають, що перерви необхідно призначати при перших ознаках стомлення [41, 63]. При цьому уточнюється, що додаткові короткі перерви для відпочинку водіїв тривалістю 5-10 хвилин необхідно призначати в моменти виникнення цих ознак [41]. Інші вважають, що невелике стомлення впливає на витривалість організму і компенсується резервами. Також існує думка, що перерви на відпочинок повинні цілком знімати втому. Однак, як відзначають дослідники, на практиці це не спостерігається і навіть обідня перерва цілком не ліквідує відчуття утоми [63]. Тривалі перерви, більше 20 хвилин (не враховуючи обідню) небажані, тому що вони призводять до появи додаткових періодів «впрацьованості» [62, 63]. Першу перерву для відпочинку доцільно робити через 2-2,5 години після початку роботи. Другу перерву необхідно призначати через 1-1,5 години після обіду, а останню – не пізніше, ніж за 1-1,5 години до закінчення роботи [63].

Відповідно до раніше проведених досліджень, після компенсаційного відпочинку відновлюється загальний рівень працездатності, що відповідає початку тієї фази, наприкінці якої введена перерва. Тому першу перерву варто призначати наприкінці стадії стійкої працездатності [41]. За рекомендаціями фізіологів для працівників за пультом керування доцільно надавати 10 хвилину перерву для відпочинку після кожної години роботи. Часті перерви по 5-10 хвилин застосовують при роботах з великою нервовою напругою, високим темпом і підвищеною монотонністю [63]. Час простою на кінцевих зупиночних пунктах маршрутів перевезення пасажирів і під навантаженням-розвантаженням під час перевезення вантажів варто розглядати, як відпочинок. Час на відпочинок потрібно зменшити на величину часу простоїв. Якщо при

цьому буде отриманий негативний результат, то в режим праці і відпочинку включають тільки дві паузи по 5-10 хвилин [41]. При цьому довільні перерви переважно менш ефективні, ніж регламентовані, тому що вони не завжди можуть влаштовуватися в найбільш підходящий час [15, 62]. Також дослідники відзначають, що потреба у компенсаційному відпочинку обґрунтовується енергетичними витратами. Так, якщо водій витратив 755 кдж за 50 хвилин, то на компенсаційний відпочинок, приділяється 10 хвилин, якщо за 40 хвилин, – то 20 хвилин і т.д. Рекомендований для водіїв режим праці, і відпочинку повинен включати п'ятихвилинну перерву після перших 55 хвилин роботи, десятихвилинну – після других 55 хвилин, п'ятихвилинну – після третіх 55 хвилин, тридцятихвилинну – після чотирьох годин роботи. Далі перерви повинні розподілятися, як і в дообідній період [41].

При розподілі перерв для відпочинку протягом робочої зміни, на думку фізіологів, необхідно виходити з того, що стомлення в другій половині значно більше, ніж у першій. Внаслідок цього, 30-35% часу для відпочинку доцільно надавати до обіду, а 65-70% – після обіду [63]. На думку інших дослідників, при плануванні внутрішньозмінних режимів доцільно передбачити, щоб у першу й останню годину роботи робоче навантаження повинно бути на 10-15% менше, ніж у середині робочої зміни [62].

Раніше проведені дослідження показали, що неповноцінний відпочинок позначається на рівні безвідмовності водія в наступний робочий день [51, 53, 57]. Важливе місце при розробці режимів праці і відпочинку операторів займає визначення припустимого інтервалу між робочими змінами [62]. Імовірність дорожньо-транспортних пригод при 6-годинній тривалості сну в 1,5 рази вища, ніж при 7-8 годинній. Скарги на утому, зниження уваги, порушення сну, сонливість при тривалості сну менш 6 годин пред'являють відповідно на 16,6%, 20,8%, 35,4% і 27,1% водіїв більше, ніж при тривалості сну 7-8 годин [53]. Інші дослідники

наводять дані, що майже у половини водіїв відзначається поява сонливості під час водіння; водії, що сплять перед зміною менше 6 годин, відзначають зниження уваги до кінця зміни в 2,5 рази частіше, ніж при тривалості сну 8 годин [57]. Фактичні дані, наведені у праці [53], показують, що 66,9% водіїв автобусів і 44,1% водіїв таксомоторів сплять перед зміною менше 7 годин, а відповідно 16,2% і 8,6% – менше 6 годин. При цьому кожен п'ятий водій не відчуває, що він цілком відпочив після нічного сну. Якщо людина після напруженої роботи вдень систематично недосипає вночі, то відчуття втоми в неї починає з'являтися ранком ще до початку роботи. Однак, перевтома виникає і при нормальному нічному відпочинку, що може виявитися недостатнім, якщо робота за обсягом, інтенсивністю і тривалістю перевищує психофізіологічні можливості людини [51]. Основним засобом запобігання перевтомі є повноцінний нічний сон без перерви не менше 7 годин [35]. До аналогічного висновку прийшли дослідники у працях [41, 53, 63], на думку яких тривалість сну перед зміною водія автотранспорту повинна складати 7-8 годин.

Мінімальна тривалість міжзмінного відпочинку водіїв пасажирського автотранспорту повинна бути не менше подвійної тривалості попередньої відпочинку робочої зміни [23, 53, 66, 69, 70, 73]. В окремих випадках час щоденного відпочинку може бути зменшений до 12 годин [19, 66, 69, 70]. Інші дослідники визначають, що його тривалість повинна бути не менше 12 годин [21, 48] або 10 годин [41, 73, 77]. Якщо робоча зміна продовжується більше 8 годин, відпочинок після неї повинний бути не менше 12 годин. Між двома неповними змінами тривалість відпочинку може бути скорочена до 8 годин [73].

У виняткових випадках, коли при міжміських перевезеннях водієві під час стоянки в кінцевих і проміжних пунктах не створені нормальні умови для відпочинку і він сам повинен забезпечувати охорону автомобіля і вантажу, 2/3 часу стоянки враховується йому як час відпочинку, а 1/3 – як робочий час [66]. В інших працях наведені дані, що при підсумованому

обліку робочого часу за кожні 24 години водій повинен мати безперервний щоденний відпочинок тривалістю не менше 11 годин. Цей відпочинок може бути зменшений до 9 годин не більше трьох разів протягом одного тижня за умови, що до кінця наступного тижня водієві надається відповідний відпочинок після повернення з рейсу. У праці [80] відзначається, що щоденний відпочинок повинний бути тривалістю не менше 10 годин. Його скорочення можливе до 8 годин, але не більше одного разу на тиждень.

Якщо тривалість щоденного відпочинку не скорочується, то він може бути поділений на 2-3 окремих періоди протягом 24 годин, один із яких повинний бути не менше 8 годин з урахуванням того, що загальна тривалість відпочинку повинна складати не менше 12 годин. Під час керування автотранспортним засобом принаймні двома водіями протягом кожних 30 годин їм повинний надаватися відпочинок тривалістю не менше 8 годин поспіль [69, 79].

Щотижневі дні відпочинку надаються водіям у будь-які дні тижня рівномірно протягом місяця [19, 21, 48, 66], але не рідше одного разу на тиждень [66]. При п'ятиденному робочому тижні водіям надаються два вихідних дні протягом тижня [66]. При цьому тривалість щотижневого відпочинку повинна бути не менша 24 або 42 годин залежно від прийнятого режиму роботи автотранспортного підприємства [19, 21, 48, 66]. Щотижневий безперервний відпочинок водія повинен безпосередньо передувати або слідувати за щоденним відпочинком, при цьому сумарна тривалість часу відпочинку разом з часом перерви для відпочинку і харчування в день, що передує цьому відпочинку, повинна складати не менше 42 годин [11, 69].

При підсумованому обліку робочого часу і тривалості зміни понад 10 годин тривалість щотижневого відпочинку може бути менше 42 годин і більше 29 годин [11, 15, 19, 66]. Інші дослідники наводять рекомендації, згідно з якими за цих умов тривалість щотижневого відпочинку може бути

більша або менша 42 годин, але не менша 24 годин, однак у середньому за обліковий період цей відпочинок повинен бути не меншим 42 годин [11, 73]. На думку третіх, тривалість щотижневого відпочинку може бути скорочена до 30 послідовних годин, з яких не менше, ніж 22 години протягом тієї самої доби [69].

При міжнародних перевезеннях водій повинен одержати щотижневий період відпочинку не пізніше, ніж через шість щоденних періодів керування автотранспортним засобом. Щотижневий період відпочинку може бути відкладений до кінця шостого дня, якщо загальна тривалість керування протягом шести днів не перевищує максимального часу, що відповідає шести щоденним періодам керування автотранспортним засобом. У випадку міжнародних пасажирських перевезень, за винятком перевезень на регулярних маршрутах, наведені терміни збільшуються в два рази. Також при міжнародних перевезеннях щотижневий відпочинок водія повинен складати 45 послідовних годин. Цей період відпочинку може бути скорочений до 36 годин, якщо він використовується в місці реєстрації автотранспортного засобу або в місці постійного проживання водія, або до 24 годин, якщо відпочинок надається в будь-якому іншому місці. Будь-яке скорочення тривалості відпочинку повинно бути компенсоване шляхом надання водієві протягом трьох тижнів відповідного часу для відпочинку [69, 79].

Кількість днів відпочинку протягом місяця повинно бути не меншою за кількість повних тижнів цього місяця. Відпочинок надається тільки на місці постійної роботи водія [19, 21, 48, 66].

Щорічна відпустка водіям надається на загальних підставах у термін, передбачений графіком [19, 66]. Тривалість щорічної відпустки водія не може бути меншим 15 робочих днів.

Дослідники відзначають, що при розробці режимів праці і відпочинку необхідно враховувати: закономірності динаміки працездатності, конкретні організаційно-технічні умови виробництва,

особливості відновлення фізіологічних функцій організму [63]. Проектування раціональних режимів праці і відпочинку повинно проводитися з використанням наступних методичних принципів: раціональне чергування роботи з відпочинком для запобігання перевтомі, підвищення працездатності і продуктивності праці; розробка режимів праці і відпочинку для працівників фізичної, розумової, нервово-напруженої праці базується на єдиній методологічній основі; обґрунтування кількості і тривалості перерв для відпочинку в умовах різної тривалості робочої зміни базується на однакових принципах і методології; перерви для відпочинку, крім обіднього, надаються за рахунок робочого часу; перерви для відпочинку повинні бути регламентованими [63].

При проектуванні режимів праці і відпочинку водіїв для конкретних умов перевезення дослідники пропонують скористатися наступними рекомендаціями [41]:

- дослідження працездатності групи водіїв з 10-12 чоловік за допомогою хронометрування дій з керування транспортним засобом протягом робочої зміни 5-6 днів (вивчення продуктивності);
- визначення статистично достовірних фізіологічних показників працездатності тієї ж групи водіїв (наявність адреналіну в крові й ін.);
- дослідження статистично достовірних показників витрати енергії у процесі роботи;
- розрахунок потрібної тривалості компенсаційного відпочинку;
- розподіл загальної тривалості компенсаційного відпочинку по годинах робочої зміни;
- впровадження режиму праці і відпочинку і перевірки його ефективності через 2-3 місяця після впровадження.

Для оцінки ефективності застосовуваних режимів праці і відпочинку можуть використовуватися психофізіологічні критерії: динаміка працездатності (тривалість фази стійкої працездатності повинна складати

65-75% робочого часу); стійкість психофізіологічних функцій протягом робочого дня; час відновлення функціональних показників після закінчення роботи (при малому стомленні – менше 15 хвилин, при середньому – менше 30 хвилин, при глибокому – більше 30 хвилин). Крім того, можуть використовувати соціальні й економічні критерії. На думку дослідників, тільки спільне застосування всіх трьох груп критеріїв може дати правильну і повну оцінку пропонованих режимів праці і відпочинку [62]. На думку автора праці [41], критеріями ефективності режиму праці і відпочинку є висока продуктивність; зменшення коливань працездатності протягом зміни і збільшення тривалості фази стійкої працездатності; зменшення кількості дорожньо-транспортних пригод; суб'єктивна задоволеність водіїв режимом праці і відпочинку; зменшення захворювань, запізнь, прогулів, раннього закінчення роботи. Дослідники в галузі фізіології і психології праці для оцінки ефективності впровадження режимів праці і відпочинку використовують показники продуктивності праці, пов'язані зі застосуванням індексу використання робочого часу й індексу годинної продуктивності праці при існуючому і пропонованому режимі роботи і відпочинку [63].

Через відмінні риси технологічних процесів перевезення вантажів і пасажирів розрізняються і форми організації праці водія. Залежно від конкретних умов перевезень вантажів і організації праці водіїв графіки роботи можуть відбивати: однозмінну, півторазмінну, двозмінну і трьозмінну роботу водіїв [48].

При однозмінній роботі водій закріплюється за одним автомобілем, на якому він працює щодня на лінії протягом однієї зміни тривалістю 6-7 годин [48]. На думку інших дослідників, при такому режимі роботи тривалість однієї зміни може коливатися від 4 до 9,5 години із середнім значенням 6,83 години [37]. Час перебування на лінії при півторазмінній роботі значно перевищує час зміни нормальної тривалості і складає 10-11 годин на добу, на думку дослідників [19], 11-12 годин на добу – на думку

дослідників [48] і 11,7 години, з можливим відхиленням на одну годину, на думку авторів [37]. Двозмінна робота визначає перевезення двома водіями щодня за змінами. При цьому тривалість однієї зміни не перевищує 7-8 годин [19, 48] або складає 8,8 години з можливим відхиленням в одну годину [37]. Трьохзмінна форма організації роботи водіїв передбачає роботу трьох водіїв на одному автомобілі. Перший і другий водії працюють у денний і вечірній час по 7 годин, третій у нічний час – 6 годин [17].

Робота бригад водіїв під час перевезення пасажирів може бути організована з використанням наступних форм організації праці: строєна; двозполовинна; здвоєна; спарена; полуторна; одиночна [16, 24, 29].

Строєна форма організації праці характеризується тим, що на одному автобусі працюють три водії з вихідним після двох днів роботи [16, 29]. За такої організації тривалість однієї зміни складає 8,5 години [29]. Перерва складає від 0,5 до 1 години, за даними праці [29], і від 0,5 до 1,5 години, за даними праці [16].

Двозполовинна форма організації праці припускає, що на двох автобусах працює п'ять водіїв. Після чотирьох днів роботи кожен водій одержує вихідний день [16, 24, 29]. Середня тривалість робочої зміни при цьому складає 7,1 години за даними праці [29], і 7,4 години, за даними праць [16, 24]. Таку форму організації праці доцільно застосовувати на маршрутах з різко вираженими піковими періодами при скороченій першій і подовженій другій змінах, з денним відстоєм автобусів у міжпіковий час. Тривалість робочих змін може бути: ранкової близько 5 годин, вечірньої близько 10 годин. У ранкову зміну перерву на обід можна не передбачати, надаючи їм у разі потреби короткочасний 10-15 хвилинний відпочинок [24].

Здвоєна форма організації праці передбачає закріплення кожного автобуса за двома водіями. Для заміни бригад у дні відпочинку на кожні три автобуси необхідно мати одного підмінного водія [24]. Тривалість

робочої зміни водія при цьому складає 7 годин у будні дні і 6 годин – у передвихідні і святкові [29].

Спарена форма організації праці припускає закріплення одного автобуса за двома бригадами, що працюють через день [24, 29]. Це забезпечує тривалість робочої зміни 11-13 годин. При цьому дослідники відзначають, що за умовами безпеки руху спарена форма організації праці себе не виправдовує [29].

При полуторній формі організації праці два автобуси закріплюються за трьома бригадами [24, 29]. Тривалість робочої зміни при цьому складає 8,5 годин [29].

Одиночна форма організації праці передбачає закріплення однієї бригади за кожним автобусом. Час роботи автобуса на лінії залежно від тривалості перерви на обід складає 7,3-7,8 години [24].

При організації таксомоторних перевезень застосовують переважно двозмінну (через день) роботу водіїв. При цьому, тривалість перебування водія на лінії, включаючи час обідньої перерви, складає в середньому 12-14 годин [44]. Інші дослідники відзначають, що такий режим роботи повинен організовуватися як виняток [29]. Можливе застосування також півторазмінного, при якому водій працює два дні по 8,5-9 годин, і однозмінного режимів праці [44]. При однозмінному режимі праці водій працює шість днів по 7 годин або п'ять днів по 8,4 години з двома вихідними днями. На деяких підприємствах може застосовуватися дводенна робота водіїв по 9-9,5 години з вихідним на третій день [23, 29]. Найбільш ефективний режим праці водіїв таксі здійснюється в умовах п'ятиденного робочого тижня. При цьому таксі використовують на лінії 16-18 годин на добу [29]. До найбільш розповсюджених належать режими праці, що передбачають довгий 10-12 годинний робочий день – 44,1%. Також дослідники відзначають, що від форми організації праці залежить кількість дорожньо-транспортних пригод на маршруті. При роботі водія через день аварійність значно вища, ніж при роботі з чотириденним

робочим тижнем [53].

Таким чином, раніше проведені дослідження визначили перелік рекомендацій із планування режимів праці і відпочинку водіїв. Однак ці рекомендації не враховують умови роботи водія на маршрутах. Необхідний диференційований підхід до режиму праці і відпочинку залежно від змісту й умов праці [50]. Умовами праці водія при перевезенні пасажирів є параметри технологічного процесу, а також ті фактори, які на них впливають.

2.1.3. Фактори, що впливають на ергономічне забезпечення технологічного процесу перевезення пасажирів

При розв'язанні завдань з поліпшення організації перевезення пасажирів, дослідники враховували фактори, які впливають на параметри технологічного процесу.

При цьому використовували різні апарати моделювання: математичне моделювання [84 - 92], систему масового обслуговування [93 - 99], імітаційне моделювання [46, 88, 100 - 112]. При виборі апарата моделювання дослідники намагалися визначити той, що дозволяв одержати достовірні результати розв'язання конкретної задачі. Так, автори праці [23] вважають, що для розв'язання задач планування доцільно використовувати систему масового обслуговування, а для задач оперативного управління найбільш придатними є імітаційні моделі. Використання системи масового обслуговування, на думку авторів праць [108, 113], не завжди є успішним. Дослідники в працях [85, 89, 114, 115] відзначають, що в зв'язку з тим, що маршрут має деякі істотні особливості, які погано формалізуються, доцільно використовувати імітаційне моделювання. Комплексне використання математичного й імітаційного моделювання пропонується у праці [85]. Незалежно від обраного апарату моделювання, у всіх моделях були спроби опису процесів, що

відбуваються при русі транспортних засобів на маршрутах. Відмінною рисою кожної моделі є використання різних законів розподілу для опису елементів транспортного процесу перевезення пасажирів. Можна виділити три елементи цього процесу, формалізація яких дозволяє описати рух транспортних засобів маршрутом: підхід пасажирів до зупиночного пункту; простій транспортного засобу на зупинці і його рух на перегонах маршруту [15]. Якщо підхід пасажирів, на думку всіх дослідників [37, 46, 85, 86, 88, 93, 95, 96, 101, 108, 110, 116 - 120], можна описати законом Пуассона, з урахуванням інтенсивності підходу пасажирів, то при описі інших елементів транспортного процесу використовувалися різні, часто суперечні один одному, закони розподілу і припущення.

Так, при описі простоїв автобусів на зупиночних пунктах, у працях [94, 95, 120, 121] передбачалося, що посадка і висаджування пасажирів відбувається миттєво. Однак, за даними праці [122] цей час займає до 15% від часу рейсу. У праці [86] використовувалася регресійна залежність часу простою від кількості пасажирів, які входять до автобуса. Причому відзначалося, що коливання часу простою не залежить від кількості пасажирів. Дослідники у праці [15] відзначають, що розподіл часу простою на проміжних зупинках описується розподілом Ерланга. У моделі, описаної у праці [118], час простою транспортних засобів визначається залежно від кількості пасажирів, що ввійшли і зійшли, а у працях [90, 97] залежно від цієї ж кількості за показниковим законом розподілу. Аналогічний закон використовувався й у праці [93]. Додатковим обмеженням тут виступає припущення, що параметр закону розподілу залежить тільки від номера зупинки. Однак, у праці [114] відзначається, що на час простою автобусів на зупинці впливає і характер їхнього прибуття. Нормальний закон розподілу часу посадки і висадки використовувався у працях [123, 124]. У працях [89, 106, 108] це значення часу пропонувалося визначати пропорційно пасажирообміну на зупинці і часу входу і виходу одного пасажирів. Аналогічний підхід і у праці [87].

Додатково тут пропонується враховувати і кількість дверей у транспортному засобі. Чисельні значення часу обслуговування одного пасажирів попадають у діапазон від 2 до 5 секунд [125 – 127], причому у праці [127] відзначається, що коливання часу обслуговування, що припадає на одного пасажирів, несуттєво. У праці [104] час простою пропонується знаходити як функцію інтенсивності накопичення пасажирів на зупинці і способу організації руху транспортних засобів, а в інших працях [97, 113] залежно від заданих пасажиропотоків. У праці [15] відзначається, що час простоїв на проміжній зупинці прямо пропорційний кількості пасажирів і залежить від типу рухомого складу. Інші дослідники пропонують цю величину представляти у вигляді вихідних даних у виразі масиву часу простою транспортних засобів на зупинках [102, 127] або через математичне очікування часу їхнього відправлення і його дисперсію [92]. У працях [126, 127] було встановлено, що час посадки залежить від різних факторів, у тому числі від збору плати за проїзд, кількості багажу у пасажирів, а також конструкції і кількості дверей у транспортному засобі.

Крім того, низку досліджень було спрямовано на визначення закономірностей простою автобусів на зупиночних пунктах. До висновку, що величина цього часу залежить від пасажирообміну зупиночних пунктів, конструктивних особливостей автобусів, наповнення транспортних засобів і часу відкриття і закриття дверей, дійшли дослідники у праці [129]. У праці [130] авторами була запропонована залежність, у котрій час простою на зупиночних пунктах визначався пропорційно середній відстані між зупинками, номінальній місткості транспортних засобів, середньому коефіцієнтові використання місткості, середньому питомому часу на вхід – вихід одного пасажирів і обернено-пропорційно середній дальності поїздки пасажирів. У її основі лежить припущення про повну зміну пасажирів при проходженні транспортним засобом ділянки маршруту, рівного за довжиною їхній середній дальності поїздки. За даними праці [131], середній час входу одного пасажирів залежить від площі накопичувальних

площадок і висоти рівня підлоги автобусів. Висновок про те, що витрати часу на вхід і вихід пасажирів залежать від наповнення рухомого складу, був зроблений у працях [132, 133]. При окремому дослідженні входу і виходу пасажирів була виявлена лінійна залежність між часом виходу і кількістю пасажирів, що вийшли, з урахуванням обернено-пропорційного впливу кількості дверей у транспортному засобі [134]. Залежність зміни часу входу пасажирів від їх кількості, має нелінійний характер, внаслідок зміни наповнення транспортних засобів.

Для опису руху транспортних засобів на перегонах маршруту дослідники також використовували різні способи. Ряд дослідників моделювали безпосередньо моменти часу прибуття автобусів на зупинки, інші спочатку визначали їхню швидкість руху на перегонах і, з урахуванням його довжини, визначали час прибуття. Так в імітаційній моделі, описаній у праці [112], висувається припущення, що автобуси рівномірно рухаються маршрутом із середньою швидкістю жорстко за графіком, а у працях [95, 102] враховується довжина перегону і середня швидкість транспортного засобу на маршруті. У праці [104] для визначення моментів прибуття транспортних засобів на зупиночні пункти пропонується використовувати закони розподілу інтервалів руху між зупинками. Для цього пропонують розрахунки за показниковим законом розподілу з параметром, що дорівнює інтенсивності надходження транспортних засобів на зупинку [103], або за нормальним законом із математичним очікуванням, який дорівнює інтервалу руху на маршруті [104]. Аналогічним законом розподілу пропонується описувати відхилення руху транспортних засобів від розкладу у працях [46, 91, 106, 135], швидкості – у праці [15] і час їхнього руху між зупинками – у праці [136]. Крім того, для визначення величини цього часу пропонують використовувати логнормальний [137] і гамма-розподіл [16, 86, 125], а у працях [108, 113, 138] вона задається як вихідні дані масивом.

У дослідженнях, описаних у [105], розрахунок швидкості руху

транспортних засобів на маршруті проводився з урахуванням дорожніх умов за допомогою різних коефіцієнтів. Вплив транспортного потоку тут враховувався нормальним законом розподілу. За наявності світлофорів на перегоні в цій моделі визначався вид сигналу світлофора і час простою на перехресті. Два варіанти опису руху автобусів на маршруті розглядають в праці [95]. У випадку, якщо контроль руху транспортних засобів здійснюється автоматизованими системами управління, передбачається, що закон розподілу потоку автобусів близький до рівномірного, а за відсутності цих систем на маршруті ці потоки апроксимують розподілом Пуассона. На дві складові розбивають процеси руху в моделі перегону, яку розглядають у праці [108]: період руху автобусів без перешкод і період їхнього впливу, який пропонують враховувати нормальним законом розподілу. На аналогічні складові цей процес розбивають і у праці [118]. Тут час руху в режимі потоку моделювався гамма-розподілом, а затори при русі за біноміальним законом для моментів їхнього виникнення і за експоненційним законом для визначення їхніх величин. Можливий опис процесу руху як проходження автобусами світлофорів і ділянок маршруту між світлофорами або зупинками і світлофорами [92]. Час проходження світлофорів у цій моделі визначався з урахуванням математичного очікування і дисперсії, а час проходження ділянки шляху з урахуванням середньої швидкості руху. При цьому враховувалися випадкові перешкоди руху, виникнення яких моделювалося розподілом Пуассона.

Більш докладний опис руху автобусів на перегоні маршруту був представлений у праці [124]. Перегін описували у вигляді наступних елементів: перехрестя, трамвайна зупинка, елемент пульсації (місце зміни швидкості руху), залізничний переїзд. Затримки на перехрестях, трамвайних зупинках і залізничних переїздах моделювалися за показовим законом розподілу. Шлях між цими елементами автобус проходить зі швидкістю, що оцінюється умовами руху.

Вплив траси перегону (довжина перегону, наявність підйомів,

спусків і поворотів) і кількості пасажирів, що знаходяться в транспортному засобі, враховувалося при визначенні швидкості руху в моделях, описаних у працях [111, 120].

Крім цих факторів, як відзначається у працях [123], на час руху впливає неоднорідність транспортного потоку і динамічні характеристики транспортних засобів, а середньоквадратичне відхилення від середнього часу руху залежить від його величини і довжини перегону. Аналогічного висновку дійшли дослідники й у праці [91].

Деякі праці були присвячені дослідженню швидкості руху автобусів. Було виявлено, що вона залежить від довжини перегону [129, 139 - 141], інтенсивності руху, динамічних якостей транспортних засобів [129, 139, 141], дорожніх умов [129, 141]. У праці [11] автор уточнює, що транспортний потік, у якому рухається автобус, лімітує середньоходову швидкість останнього за інтенсивності понад 390 приведених одиниць транспортних засобів на одну смугу руху. При меншій інтенсивності транспортного потоку його впливом на швидкість руху автобуса можна знехтувати.

Таким чином, можна зробити висновок, що в моделях руху транспортних засобів маршрутом, при визначенні часу руху між зупиночними пунктами, використовувалися різні закони розподілу і враховувалися різні фактори. У зв'язку з цим виникає необхідність проведення подальших досліджень для моделювання цієї величини.

Крім розходжень в описах процесу руху транспортних засобів і їхнього простою на зупиночних пунктах, у моделях використовували різні припущення. Так, у моделі, описаній у праці [106], маршрут представляють у вигляді однієї зупинки, а в праці [88] передбачається, що на маршруті працює одна марка транспортного засобу. У праці [109] вважалося, що час посадки в кожний транспортний засіб і час руху не залежить від його номера, тобто автори не враховували взаємозв'язок автобусів. Незалежне обслуговування транспортних засобів на зупинках

розглядається й у праці [94]. Однак, дослідники у працях [85, 92, 114, 142] відзначали, що цей вплив значний і це може істотно змінити характер руху транспортних засобів на маршрутах.

У ряді робіт [93, 95, 106, 110] у розрахунках не враховують відмову пасажирів у посадці. У кожній з цих праць висувують різні припущення, що призводять до цього. Так, при моделюванні посадки пасажирів в автобуси, у моделі [110] пасажирів, яким було відмовлено в посадці, залишали систему й у подальших розрахунках не враховувались. Такі ж результати дають припущення про те, що кількість пасажирів, відправлених із зупинки в одному транспортному засобі, повинно бути не меншою, ніж підійшла до неї за інтервал [93], або, що автобус може вмістити всіх пасажирів, які підійшли за інтервал [106]. Великою кількістю пасажирів на зупиночних пунктах нехтують у [95]. Ці припущення можуть вплинути на результати розрахунків, тому що пасажирів, які залишилися на зупинці, можуть істотно змінити час простою наступних автобусів і цим змінити характер руху на маршруті, як це показано в працях [85, 89, 114].

У моделі, описаній у праці [85], при визначенні часу руху транспортних засобів між зупинками, передбачаються однакові умови на всіх ділянках маршруту, а в праці [92] незалежність ділянок маршруту між собою. Заборона на обгін транспортними засобами один одного, виступає обмеженням у праці [89]. Однак, обгони відбуваються, і їхню можливість доцільно враховувати при моделюванні.

Крім того, тільки у працях [85, 89, 91, 118, 143] враховувалася можливість виникнення так званого явища «здвоювання», коли інтервали руху між двома або великою кількістю транспортних засобів стають настільки незначними, що вони рухаються на маршруті разом один за одним. Це явище є результатом складної взаємодії транспортних засобів на маршруті і значно впливає на параметри технологічного процесу. У свою чергу, параметри технологічного процесу впливають на стан водія.

2.1.4. Функціональний стан організму водія і умови праці

На думку автора праці [144] параметри руху транспортних засобів визначаються взаємозалежним впливом багатьох факторів, одним з яких є психофізіологічні якості водія – сприйняття умов руху, гострота і точність реакції, досвід, майстерність, темперамент. Аналогічного висновку дійшли дослідники й у працях [52, 145]. Інші автори [146] відзначають, що психофізіологічні властивості водіїв разом із конструкцією автомобілів і доріг, висуваються на перший план при розв'язанні проблеми гарантування безпеки руху. Причому, у системі, де людина і машина утворюють єдиний контур регулювання, людська ланка є найбільш складним і найменш вивченим компонентом [56]. Це і визначає велике значення проблеми «людського фактора» у дорожньому русі [147 - 152]. Кожен водій автомобіля є оператором складної системи «водій – автомобіль – дорога – середовище» [153]. Цю систему дослідники відносять до ергатичних систем, у яких присутні всі форми взаємодії елементів як енергетичні, так і інформаційні [147]. При кожній зміні в одному елементі системи варто враховувати можливість зміни у всіх інших елементах [154]. Авторами підкреслюється можливість ергономічного підходу до узгодження техніки і психофізіологічних можливостей людини. На думку інших дослідників, для опису системи «водій – автомобіль – дорога – середовище» можливо використання «антропоцентричного підходу», відповідно до якого спочатку повинні проектуватися діяльність людини і її функції [155]. Технічні ж пристрої повинні розглядатися як засоби, що забезпечують можливість ефективного протікання спроектованої діяльності. При цьому проектування передбачає узгодження внутрішніх (психічні процеси, стани, властивості) і зовнішніх (автомобіль, дорога) засобів діяльності [155]. Вплив зовнішніх факторів зумовлює витрати праці водія, пов'язані з пристосуванням до середовища в межах функціональних норм і динамічних обмежень [156]. За відсутності

можливості пристосувати людину до умов праці, необхідно умови праці пристосувати до людини [157, 158]. Умови праці – це комплекс факторів, що впливають на стан здоров'я, працездатність і продуктивність праці водія [70]. При проектуванні автомобільних доріг, параметри яких визначають умови роботи водіїв, дослідники враховували їхню психофізіологію [159]. Оптимальними є такі умови, за яких окремі органи й організм людини в цілому працюють в оптимальному режимі [160]. При цьому одним із джерел аварійності на транспорті є неправильна організація праці водія [161].

Зростаюча інтенсивність і швидкість транспортних потоків висувають усе більш високі вимоги до водіїв стосовно їхньої придатності до керування [160, 161] і психофізіологічних якостей [52, 160]. Якість операторської діяльності водія залежить як від його професійного рівня і поточного психоемоційного стану, так і від стану механізмів регуляції, що відіграють провідну роль в енергетичному, метаболічному і інформаційному забезпеченні високої працездатності [153]. Тому логічним наслідком є той факт, що на людину припадає 25-80% від загальної кількості відмовлень у системах керування [56, 162 - 164]. Успішність професійної діяльності водія значною мірою визначається інтегральним виразом його психофізіологічних і особистісних якостей [160]. Як повідомляє автор у праці [145], велика частка дорожньо-транспортних пригод (60-90%) відбувається з вини водія, причому кількість випадків дуже залежить від тривалості роботи, яка пов'язана зі стомленням і зниженням працездатності [160]. Внаслідок цього, необхідний підхід, що припускає вивчення водія, автомобіля й умов руху в їхній взаємодії, а не за окремими компонентами [146].

Дослідники відзначають, що провідним напрямком теоретичних і прикладних досліджень із проблеми якості й ефективності трудової діяльності людини-оператора є дослідження її функціонального стану [56, 165 - 167] і розробка відповідних профілактичних заходів для його (стану)

оптимізації [168, 169]. Актуальність цього напрямку, на думку авторів, пов'язана, насамперед, з тим, що вирішення проблемних завдань інженерної психології, ергономіки, фізіології праці значною мірою залежить від правильності оцінки і прогнозу розвитку функціональних станів. Функціональний стан працівника, разом із його професійною придатністю, є основними факторами, що визначають безпеку руху і надійність роботи людського фактора [170]. Причому для кожної людини існує індивідуальна норма функціонального стану [171]. Для дослідження діяльності людини-оператора можливе використання психологічних і фізіологічних методів [172, 173].

Сучасні вимоги до транспортного процесу визначають його як елемент технологічної операції [174]. Під ефективністю діяльності водія дослідники пропонують розглядати результат його праці, який оцінюється за показниками продуктивності, безпеки, комфортабельності здійснених перевезень і раціональністю нервово-психічних витрат [175]. При цьому окремі складові ефективності забезпечуються різними якостями водія. На залізничному транспорті вже впроваджують методики динамічного контролю функціонального стану співробітників [176].

Вивчення функціонального стану водіїв й інших операторів у процесі керування транспортними засобами є актуальним завданням у зв'язку з необхідністю розробки раціональних режимів праці і відпочинку [145, 177 - 179], організації передрейсового контролю [179, 180] і прогнозування функціонального стану операторів безпосередньо під час здійснення ними своєї робочої діяльності з метою запобігання зниженню надійності [179]. Корекція режимів праці і відпочинку полягає в наданні перерв для відпочинку залежно від виникнення несприятливого стану. Важливим є також визначення тривалості перерви і способу її проведення [62].

Функціональний стан – це комплекс особистісних характеристик тих функцій і якостей людини, що безпосередньо або опосередковано

зумовлюють виконання трудової діяльності [1, 181]. З позицій фізіологів функціональний стан – це реакція функціональних систем на зовнішні і внутрішні впливи, яка спрямована на одержання корисного результату [182].

Окремі функціональні системи організму в процесі праці людини поєднуються в єдину функціональну систему психічної діяльності, що забезпечує досягнення двох видів мети: біологічної – виживання людини і соціально-психологічної – досягнення результату діяльності. Перша мета досягається забезпеченням роботи функціональної системи поза операторською діяльністю і відповідає «фоновому» стану [183]. Стосовно діяльності виділяють два класи функціональних станів: 1) які дорівнюють активності всієї системи і кожної ланки, оптимальні та точно відповідають вимогам діяльності; 2) стан динамічної неузгодженості, за якого система або не цілком забезпечує діяльність або працює на зайвому рівні напруженості [181].

Вихідним еталоном оцінки функціонального стану є стан оперативного спокою. Оцінюючи ступінь відхилення функціонального стану від вихідного, дослідники виділяють реактивні, приграничні і патологічні стани [181, 184]. При включенні оператора в трудову діяльність стан оперативного спокою змінюється станом адекватної мобілізації [183]. Цей стан характеризується повною відповідністю ступеня напруженості функціональних можливостей людини вимогам, які висувають конкретні умови. Різновидом стану адекватної мобілізації є функціональний комфорт – функціональний стан людини, зайнятої трудовим процесом, за якого досягнута відповідність засобів і умов праці функціональним можливостям людини і спостерігається її позитивне ставлення до роботи. Коли рівень висунутих до організму вимог перевищує його фізіологічні можливості, стан адекватної мобілізації переходить у стан динамічної неузгодженості [183]. Розрізняють безліч видів цього стану – стомлення, перенапруження, виснаження, стрес [181,

184]. Деякі дослідники термін «стрес» використовують як синонім перевантаження [154]. Інші визначають, що стрес – це стан психічної напруженості людини, викликаний труднощами, небезпеками, що виникають при розв'язанні важливого для неї завдання [157]. При цьому дослідники роблять висновок, що стрес впливає на результати праці лише доти, доки він не перевищив критичного рівня, у результаті чого відбувається порушення механізмів саморегуляції і погіршення результатів діяльності, аж до її зриву. Тому стрес, що перевищує критичний рівень, іноді називають дистресом [157].

Протягом робочого дня організм проходить кілька фаз: мобілізацію, фазу первинної реакції, гіперкомпенсацію, компенсацію, субкомпенсацію, декомпенсацію і зрив (стадія перевтоми) [41]. Зміни, пов'язані з формуванням нового функціонального стану, відбуваються в організмі на різних рівнях реагування [185].

Інші дослідники термін «функціональний стан організму людини» пов'язують із поняттям «здоров'я» і категорією «здоров'я – хвороба» [186 - 188]. Здоров'я – стійка форма життєдіяльності, що забезпечує економічні оптимальні механізми пристосування до навколишнього середовища і що дозволяє мати функціональний резерв, використаний для її зміни [189]. У зв'язку з цим, функціональний стан організму – це інтегральна характеристика стану здоров'я, яка відбиває адаптивні можливості організму і оцінюється за даними змін функцій і структур на поточний момент при взаємодії з факторами зовнішнього середовища [186]. Це визначає можливі стани організму: здоров'я (зовнішні впливи не призводять до стійких патогенних структурних змін); преморбідний стан (напруження механізмів адаптації, збільшення ентропії, початкові структурні порушення); хвороба (структурні порушення, стійкі зміни реактивності, формування нових патологічних функціональних систем); екстремальний стан (виражені структурні порушення, граничне напруження регуляції); термінальний стан (грубі структурні порушення,

зрив синхронізації регуляції на міжсистемному рівні). Як найбільш оптимальна методологія охорони здоров'я, у відповідності до стратегії Всесвітньої Організації Охорони Здоров'я, розглядається своєчасна корекція функціонального стану [190].

Одним з факторів, що впливають на зміну функціонального стану організму протягом робочої зміни, є умови праці [191]. Кінцевою метою контролю і діагностики станів оператора є їхня нормалізація. Вона являє собою систему впливів, спрямованих на запобігання несприятливим ситуаціям для оператора, і має на меті запобігання помилкам людини і збереження її здоров'я. Безліч впливів на людину може включати корекцію режимів праці і відпочинку, вплив зовнішніх подразників, різноманітні види саморегуляції стану [62, 183]. Розробка цих методів дослідження викликала необхідність експериментальних пошуків показників, що відбивають стан водія. У якості таких були використані, насамперед, показники, що застосовуються в інженерній психології і показовість яких визнається психологами, фізіологами і медиками [52, 192]. Проблеми вивчення психофізіологічного стану водіїв, на думку дослідників [145], далекі до повного розв'язання і скоріше знаходяться на стадії накопичення експериментальних і теоретичних розв'язань.

Низку праць [53, 193, 194] було присвячено дослідженню працездатності водія. Працездатність – величина функціональних можливостей організму, що характеризується кількістю і якістю роботи при напруженні максимальної інтенсивності або діяльності [195]. На думку інших дослідників [186], термін «працездатність» означає можливість функціонування при певному рівні впливу зовнішнього середовища, тобто характеризує стійкість гомеостатичних показників при впливі різних за силою зовнішніх факторів. Працездатність водія нестабільна і залежить від часу й умов руху [160]. Рівень функціонального стану визначає опосередковано професійну працездатність людини [196]. Було виявлено, що вид перевезень є досить значимим фактором у зміні більшості

показників працездатності водіїв [58]. Тип працездатності і періодичність її зміни пов'язані з тривалістю фаз функціонального стану людини [41]. Зміна функціонального стану людини може знизити її надійність і призвести до повної неузгодженості системи [56]. Розрізняють три фази працездатності [52, 56, 58, 197 - 199]:

- зростання працездатності або період «впрацьованості», тривалістю перші 1,5-2,5 години роботи водія [58], коли відбувається функціональна перебудова та встановлюється динамічний стереотип;

- період стійкої працездатності, співнастроєності ритмів і темпів діяльності окремих ділянок нервової системи;

- зниження працездатності внаслідок стомлення, що є закономірною реакцією організму на роботу. Воно починається після 5 годин роботи водія, набуває вираженого характеру до сьомої-восьмої години керування автомобілем і стає неприпустимим з погляду безпеки руху після десяти годин керування ним [58, 200].

На думку дослідника, наведений в праці [201], стомлення – це викликане інтенсивною або тривалою роботою тимчасове зменшення працездатності. Розвиток стомлення полягає у різних патологічних змінах організму людини [202]. Внаслідок цього, інші дослідники визначають стомлення як фізіологічний стан організму, що супроводжує тривалу й інтенсивну роботу, яка виражається в тимчасовому розладі функцій нервових клітин кори головного мозку, цей стан поширюється на інші системи організму і визначає працездатність людини [82, 203]. Утома – суб'єктивне відчуття людини – є першою стадією стомлення, за якою починається друга – зниження працездатності. Стомлення є результатом виходу з ладу будь-якого компонента складної взаємозалежної системи органів і функцій або ж порушення зв'язку між ними. Подолання втоми за рахунок вольових зусиль призводить до розвитку істотних змін в організмі [204]. Працездатність значною мірою пов'язана з оптимальним і екстремальним регулюванням в організмі людини, що мають різний рівень

мобілізації його резервних можливостей. Межа цих можливостей виявляється лише при стресі, коли включається екстремальний рівень регуляції [56]. Функціональні стани організму, як результат адаптивного поведіння біосистеми, дослідники розглядають як кількісну характеристику стресу [202]. Відзначається, що стомлення розвивається за типом реакції, аналогічній стресу, і є наслідком порушення гомеостазу, у зв'язку з чим виділяють три стадії стомлення: утома, перевантаження, виснаження [205].

Розвиток стомлення є наслідком незадовільної адаптації до впливу зовнішнього середовища і змушує організм відмовитися від подальшого контакту зі стресом (припинення роботи) [202]. Діагностика стану стомлення є необхідною передумовою для прогнозування працездатності [205]. Адаптація, або пристосування, до умов середовища, до соціальних, виробничих, побутових, кліматичних і інших факторів – одна з фундаментальних властивостей живого організму й організму людини особливо. Дослідники виділяють чотири ступеня адаптації, які можна назвати чотирма ступенями здоров'я або чотирма рівнями функціональних можливостей:

- задовільна адаптація до умов навколишнього середовища;
- функціональне напруження;
- незадовільна адаптація;
- виснаження функціональних резервів, стан на грані зриву адаптації і зрив адаптації [202, 204].

Практично аналогічні результати досліджень наведені у праці [154]. Автор відзначає, що залежні від загального стану людини форми її поведінки часто пов'язують з такими поняттями як адекватність, навантаження, перевантаження, стрес. Залежно від того, до яких індивідуальних передумов поведінки у формі працездатності і мотивації діяльності відносять транспортну ситуацію, оцінюється конкретне навантаження, перевантаження і понадперевантаження людини.

Розходження між навантаженням, перевантаженням і понадперевантаженням можуть бути розглянуті залежно від різноманітності функціональних станів [154]. Межею між навантаженням і перевантаженням дослідники пропонують вважати граничний час збереження працездатності. Нормальне навантаження забезпечується при 40-60%, а в особливих випадках короткочасно при 80% від максимального навантаження [154, 206]. При понадперевантаженні настає динамічне неузгодження [154]. Кожний з наступних рівнів адаптації містить усе більш значний ризик втрати працездатності, розвитку патології [202]. Аналіз стану здоров'я водіїв автомобілів дозволив зробити висновок, що гіпертонічна хвороба, зміни хребта, захворювання шлунка в значній частині випадків розвивалися у водіїв у молодому віці (до 40 років), однак при стажі роботи за спеціальністю понад 10 років [58]. Причому, велика частота зазначених захворювань спостерігається у водіїв, зайнятих пасажирськими перевезеннями, праця яких більш напружена, ніж у водіїв вантажних автомобілів. Усе це призводить до більш високого рівня інвалідності водіїв порівняно з іншими спеціальностями. При цьому істотний вплив на показники інвалідності спричиняє стаж роботи за спеціальністю і тип автомобіля [58].

Інші дослідники [162], оцінюючи стан водія при захворюванні або перевтомі, виділяють періоди «клінічного видужання» і «повної реабілітації організму». Причому, вони відзначають, що допуск водіїв до роботи можливий тільки в другому періоді.

Крім того, було виявлено, що працездатність тісно пов'язана з добовим ритмом харчування. Оптимальний час прийому їжі індивідуальний для кожної людини і збігається з піком добової фізіологічної кривої [207].

Для підтримки необхідного рівня працездатності дослідники пропонують проводити її поточний контроль, прогноз динаміки, а також проведення психологічних і медичних регулюючих заходів. Якщо рівень

працездатності суб'єкта знаходиться в межах не нижче «припустимого», регуляція проводиться на відновлювальному етапі медичного забезпечення. Якщо зареєстрований у процесі моніторингу рівень працездатності нижче «припустимого» або «критичного», регуляція проводиться відповідно на рекреаційному або реабілітаційному етапах [170]. Професійна працездатність визначається максимальною ефективністю діяльності людини за такого рівня функціональної мобілізації, що не викликає перенапруги організму [63].

Складність трудової діяльності водіїв, яка впливає на якість перевезень, безпеку руху, раціональність застосованих ними прийомів і методів праці через обсяг інформації й енерговитрати на керування транспортним засобом, впливає на динаміку працездатності, стан їхнього здоров'я [208]. Дослідження стану водіїв після роботи дозволило виявити характер впливу праці на його психофізіологічний стан і визначити ступінь стомлення [209]. Результати деяких досліджень виявили залежність між параметрами руху транспортних засобів і стомленням водія. Так, у праці [154] наведені дані, що як ознаки стомлення було відзначене збільшення дисперсії за курсом і швидкістю. Відзначається, що навіть при невеликому стомленні манера водіння стає більш вільною і холоднокровною за рахунок зменшення значимості мотиву мети. У процесі роботи в більшості водіїв розвивається погіршення багатьох важливих показників, таких як увага, швидкість реакції, сприйняття навколишнього оточення і т.д. [209]. Зв'язок між тривалістю роботи водія і стомленням був виявлений у праці [58].

Підвищити рівень працездатності водіїв на маршруті можливо шляхом реорганізації їхнього робочого дня [59]. Причому, обґрунтовувати режими праці необхідно для кожного виду перевезень. Крім того, дослідники відзначають, що вихідний психофізіологічний стан більшості водіїв знаходиться в межах норми [209]. Однак у частини водіїв, вік яких досяг 50 років, спостерігається порушення психофізіологічного статусу.

Інші дослідники відзначають, що аналіз динаміки працездатності водіїв автомобілів протягом робочого дня показує, що під впливом професійного навантаження у водіїв з великим професійним стажем порушення у функціональному стані організму відбуваються істотно раніше [58]. Тому до цих водіїв потрібна особлива увага при регламентуванні тривалості робочого дня і забезпеченні контролю їхнього здоров'я, режиму праці і відпочинку. Так, для водіїв із професійним стажем 20 років і більше у праці [58] пропонується обмеження тривалості трудового дня восьма годинами і заборона понаднормових робіт. Утім, як відзначає автор [58], поліпшення умов праці і відпочинку впливає на рівень працездатності усіх водіїв.

Також була встановлена відповідність між величиною показника стомлюваності і показника складності трудової діяльності, запропонованого роботою [208]. Критерій мінімуму складності трудової діяльності може бути використаний для оперативної маршрутизації перевезень. Обґрунтовуючи використання цього показника, дослідник відзначає, що особливість методів виміру складності праці водіїв полягає в необхідності відображення в них двох різних видів навантажень (фізичних і психічних), що впливають на водіїв, а також специфіки складу їхнього трудового процесу. Для оцінки показника складності праці водіїв під час перевезення хліба було запропоновано статистичне рівняння з використанням в якості незалежних змінних показника годинної фізичної ваги діяльності на маршруті, вимірюваного в Дж/год., і показника годинної психофізіологічної складності маршруту, вимірюваного в од./год. На наступному етапі автором праці [208] був запропонований метод, що дозволяє ще на стадії підготовки перевізного процесу відносити маршрут до тієї чи іншої групи складності. Для цього дослідниками був запропонований статистично значимий вираз, що пов'язує показник складності трудової діяльності з довжиною їздки і кількістю навантажувально-розвантажувальних пунктів. Однак, на стан водія

впливає не тільки довжина маршруту, але й умови руху [52]. Крім того, на витрати праці водія впливає спосіб виконання навантажувально-розвантажувальних операцій. Під час перевезення хліба водій бере участь у цих операціях. При інших видах перевезень можлива організація навантажувально-розвантажувальних робіт з використанням вантажників або механізмів [210]. При таких способах робіт витрати праці водія збільшуватися не будуть, тому що протягом часу навантаження-розвантаження він не виконує ніяких дій.

У визначенні кількісних характеристик працездатності, на думку дослідників у працях [56, 211, 212], немає ще єдиного методичного підходу. Для оцінки працездатності водія дослідники вивчали частоту пульсу [213 - 215], зусилля стиску кермового колеса, успішність виконання тестових завдань, пов'язаних з водінням автомобіля [213] і результати коректурних проб [52], зусилля, прикладені до кермового колеса [215 - 218]. Використовувалося також моделювання різних аспектів діяльності водія [219, 220]. При дослідженні працездатності водія ряд авторів [221] визначали кількість його дій з керування автомобілем і критичну частоту мигтінь [213].

Працездатність відповідно впливає на основні психофізіологічні функції водія: час реакції, стійкість і розподіл уваги, швидкість прийому й обробки інформації і т.д. Останні значною мірою визначають надійність водія і безпеку руху [145]. Надійність – імовірність того, що система або її елемент будуть виконувати необхідні функції протягом заданого часу й у заданих умовах [56, 222 - 224]. Надійність роботи людини-оператора – це здатність до збереження необхідних якостей в умовах можливого ускладнення ситуації [225 - 227].

Відповідно до праць [52, 224], фактори, що визначають надійність роботи водія, можна поділити на три групи: якість засобів інформації, кваліфікація, індивідуальні якості. Найважливішим джерелом інформації для водія є автомобільна дорога з усіма її параметрами: відстань

видимості, траса дороги, швидкість руху і т.д. При цьому, недолік інформаційного навантаження водій підсвідомо намагається компенсувати збільшенням швидкості руху, часто не помічаючи цього [58]. Стосовно до водія, поняття надійності і відмовлення охоплює не тільки відмовлення внаслідок навантаження, але і зміну стану організму водія під впливом дорожніх умов [224]. Одним з найважливіших факторів забезпечення надійності транспортного процесу є стабільність водійських кадрів, раціональна організація їхньої праці [208]. На думку інших дослідників, надійність водія залежить від його придатності до керування автомобілем за станом здоров'я, підготовленості і працездатності [160]. Людський фактор надійності спрацьовування всієї системи управління визначається рівнем працездатності оператора, що, на думку дослідників [56, 228], визначається як функція чотирьох аргументів: фізичного стану людини, його психічного стану, складності виконуваної роботи й умов, у яких вона перебігає. Причому, дослідники відзначають, що при розгляді системи «водій – автомобіль – дорога» з погляду її надійності, соціально-біологічні характеристики людини є центральною ланкою системи [229]. Практично аналогічного висновку доходять автори праці [224], які визначають, що на надійність роботи водія впливають умови роботи, кваліфікація й індивідуальні якості. Вплив дорожніх умов на надійність водія багато в чому визначається його соціально-психологічними, психофізіологічними і професійними якостями [230]. Правильний вибір режимів руху залежить від досвіду і знань водія, що визначають його кваліфікацію [52]. Істотне значення для розв'язання питання стосовно водійської кваліфікації має вік [81]. Старіння організму може знизити надійність людини в системі «водій – автомобіль – середовище руху» [58]. Було виявлено, що водії у віці понад 50 років, особливо зі стажем 20 років, зустрічаються рідко. Водіїв автобусів дослідники відносять до професійної групи з верхнім «граничним віком» у 55 років [58].

Вікові обмеження для водіїв існують у всіх країнах. Особливо високі

вимоги до водіїв автобусів і важких вантажівок. Так, для водіїв автобусів у більшості країн встановлений віковий мінімум у 21-23 і більше років [81]. На Україні право керування легковими і вантажними транспортними засобами надається громадянам з 18 років, а автобусами – з 19 років [74]. При здійсненні перевезень у міжнародному сполученні вік водія повинний бути не менше 21 року [74, 79, 231]. Це співпадає з висновками, що разом із віком на надійність поведінки водія впливає його досвід, причому вони діють (приблизно до 60 років) в одному напрямку нелінійно [69]. Кореляція між досвідом і надійністю дорожнього поведінки значною мірою залежить від віку [69, 232]. Аналогічного висновку дійшли автори у праці [58]. Вони виявили, що навіть у тих випадках, коли спостерігається істотне значення тільки одного фактора, то сполучення його з іншим призводить до різкого зростання частки впливу. Причому, більш високе напруження організму, в зв'язку зі складним процесом адаптації до умов роботи й у цілому до життєвих ситуацій, спостерігається в осіб молодого віку [168]. Дослідники доходять висновку про необхідність враховувати єдині віково-стажеві показники [58]. Відкриття водійської категорії для керування автобусами можливо після безперервного річного стажу роботи. Для відкриття категорії, що дозволяє керування автомобілями з причепом і зчленованими автобусами, допускаються водії, що мають безперервний стаж роботи на відповідних транспортних засобах [74]. У праці [233] наведено норматив, відповідно до якого водій автобуса, що виконує перевезення пасажирів, зобов'язаний мати, крім відповідних посвідчень, стаж не менше трьох років. Крім того, водій, що виконує перевезення пасажирів у міжнародному сполученні на маршрутах у радіусі понад 50 км від місця приписки автотранспорту, повинен мати стаж роботи не менше одного року як водія транспортних засобів, дозволена максимальна вага яких перевищує 3,5 тонни, або мати стаж роботи не менше одного року на транспортних засобах для перевезення пасажирів маршрутами у радіусі до 50 км від місця приписки цих транспортних засобів або на інших видах

пасажирських перевезень [79].

Проведені авторами праці [229] дослідження дозволили визначити, що найменш надійними є водії вікової групи 45-58 років. Низьку надійність мають водії зі стажем роботи на певному підприємстві менше 3 років і з віком старше 45 років. Стійкою надійністю характеризуються водії у віці до 40 років і зі стажем роботи понад 5 років. Інші дослідники відзначають, що зі збільшенням віку процеси в центральній нервовій системі сповільнюються, час реакції у водія збільшується, але це збільшення відбувається поступово протягом багатьох літ і компенсується змінами у швидкості їзди і накопиченим досвідом [234]. Використання більш надійних водіїв на більш безпечних маршрутах, на думку дослідників, дозволить знизити імовірність дорожньо-транспортних пригод на транспортному підприємстві [230].

Так само була виявлена залежність між кваліфікацією й основною професією водіїв особистих автомобілів [235]. Протягом перших п'яти років водії з гуманітарною професією спричиняються до більшої кількості дорожньо-транспортних пригод, ніж водії з технічною професією. З роками ця різниця скорочується і після десяти років стажу майже зникає.

Не менш важливою, на думку дослідників, є тема підтримки (відновлення) рівня працездатності оператора [56, 236 - 239]. Було виявлено, що чергування різних видів діяльності поліпшує працездатність, більше ніж повний спокій. Позитивний вплив на працездатність людини-оператора мають фізичні вправи, аутотренінг, функціональна музика й інші засоби. Можлива також саморегуляція функціонального стану [240].

До оцінки діяльності водія можна підходити з позиції оцінки праці оператора [52], що досліджувалась у роботі [241]. Як вказується у роботі [52], такі показники, як час реакції, швидкість прийому й обробки інформації, продуктивність роботи оператора власно ще не характеризують його. Про їхню значимість можна судити тільки після системного аналізу взаємозв'язку показників діяльності з технічними

можливостями всієї системи, виявлення частки помилкової діяльності оператора у відмовленні всієї системи. Функціонування системи «людина – машина» вимагає від оператора найрізноманітніших функцій, що можуть бути розбиті на дві основні категорії: інформаційний пошук, прийняття і здійснення рішень у проблемних ситуаціях [56, 160, 242, 243]. Багато дослідників людського фактора при описі діяльності водія користувалися поняттям теорії інформації, роблячи припущення, що людина є багатоканальним приймально-передавальним пристроєм [174]. Алгоритм діяльності людини-оператора повинен бути побудований таким чином, щоб забезпечити надійність і стабільність усієї системи [56]. Стосовно до автотранспортних технологічних процесів, під алгоритмом діяльності оператора можна розуміти завдання водієві на перевезення, розклад руху маршрутом, плановані техніко-експлуатаційні показники перевізного процесу, режими праці і відпочинку водія. В умовах навантаження і стомлення, відзначають автори праці [174], у людини знижується пропускна здатність переробляти інформаційні сигнали. При цьому вона переходить на спрощені алгоритми діяльності, реагуючи на кожен сигнал простою руховою реакцією.

Індивідуальні якості водія відіграють велику роль і їхнє значення необхідно враховувати при виборі методів організації руху [52]. У наш час цей фактор досліджений недостатньо через його різноманітність. У праці [145] пропонується об'єднання індивідуальних характеристик стосовно контингенту з однаковими властивостями центральної нервової системи. За такого об'єднання, відзначається тут, втрати індивідуальних особливостей будуть значно менші, ніж у випадку тотальних характеристик. Емоційні властивості і якості темпераменту є загальними показниками схильності до небезпеки [157]. Відповідно до існуючої кваліфікації має місце чотири основних типи нервової системи: сильний неврівноважений (холерик), сильний врівноважений рухливий (сангвінік), сильний урівноважений інертний (флегматик), слабкий (меланхолік) [63].

В основі цього розподілу лежить темперамент людини. Темпераментом називається характерна для певної людини сукупність психофізіологічних особливостей, пов'язаних насамперед з емоційною збудливістю, тобто швидкістю виникнення почуттів, з одного боку, і їх силою – з іншого [244]. У чистому вигляді перераховані вище типи нервової системи існують рідко [245].

У більшості людей зустрічаються сполучення темпераментів. Найважливішою складовою темпераменту є емоційність. Головною характеристикою емоційності дослідники у праці [245] вважають якості, що домінують у людини. Ці якості можна поділити на три групи: радість, гнів, страх. Радість найчастіше властива сангвінічному темпераментові, гнів – холеричному і т.д. Таким чином, в основу досліджень якісних емоційних характеристик була покладена гіпотеза стосовно того, що якщо і не переважна більшість всіх емоцій, то, принаймні, їхня істотна за обсягом частина являє собою модифікацію або однієї із зазначених емоцій, або їхнє сполучення. Однак, за результатами своїх досліджень, автори не наводять кількісне співвідношення обстежених людей за приналежністю до якоїсь групи. Найбільш придатними до водійської діяльності, на думку автора праці [41], є особи із сильною нервовою системою, рухливістю нервових процесів, перевагою збудження над гальмуванням або урівноваженістю нервових процесів, що відповідає сангвінічному темпераментові.

Сила нервової системи, як один з вирішальних факторів професійної успішності водіїв, досліджувалася у праці [246]. Автор на підставі аналізу матеріалів дорожньо-транспортних пригод дійшов висновку, що водії зі слабкою нервовою системою не допускають перехід дорожньо-транспортної ситуації зі складної в критичну. Водії із сильною нервовою системою допускають такий перехід, оцінюють умови як такі, з якими вони упораються. Крім того, дослідником у праці [246] було виявлене наступне. У водіїв зі слабкою нервовою системою висока професійна

успішність спостерігається на міських автобусних перевезеннях, що пояснюється їхньою стійкістю до впливу факторів одноманітності, що спостерігаються в цьому виді перевезень. Висока професійна успішність водіїв зі слабкою нервовою системою на вантажних міжнародних перевезеннях значною мірою визначається властивими їм рисами – підвищеною обережністю, уважністю, акуратністю, дотриманням правил техніки безпеки. Широкий діапазон можливостей для саморегуляції діяльності при виконанні легкових таксомоторних перевезень пояснює однакову професійну успішність водіїв зі слабкою і сильною нервовою системою.

Інші автори для оцінки індивідуальних якостей водіїв досліджували їхні реакції залежно від фону дорожньо-транспортної ситуації як фактора, що зумовлює безпеку руху [157]. Були виділені так звані «полезалежні» водії, у яких сприйняття було зумовлено впливом зорового поля більше, ніж проприорецептивними і статистичними відчуттями власного тіла, і «полenezалежні», що при сприйнятті простору орієнтувалися головним чином на зазначені відчуття положення тіла в просторі. На основі аналізу експериментальних даних був зроблений висновок, що індивідуальні якості, притаманні «полезалежним» водіям, сприяють їхній схильності до нещасних випадків.

Дослідники у праці [41] відзначають існування індивідуальних особливостей біоритмів людей, які варто враховувати при розподілі водіїв за робочими змінами. У цьому полягає сутність функціонального резервування.

Також оцінювати труднощі діяльності можливо двома показниками, що використовують у фізіології, – важкістю і напруженістю [247]. Важкість праці – це ступінь залучення до трудового процесу опорно-рухового апарату і функцій енергетичного забезпечення [145]. Функціональні стани організму формуються за усіх видів діяльності й умов праці і внаслідок цього вони використовуються як інтегральний

критерій для об'єктивної і досить точної оцінки важкості праці [63]. Важкість праці водія залежить від фізичного навантаження, тобто від зусиль, які необхідно витратити водієві для керування автомобілем. Напруженість праці характеризує той бік трудової діяльності, що вимагає участі вищих психічних можливостей людини (сприйняття, уваги і т.д.) [145]. Деякою мірою напруженість праці водіїв може бути охарактеризована кількістю емоційно-значущих подразників, що впливають на нього під час керування автомобілем і потребуючими прийняттями якого-небудь рішення [72]. Вона залежить від інформаційного навантаження. Виявлено, що напруженість праці водіїв при роботі в місті істотно вища, ніж при роботі за містом. Так само на напруженість праці водіїв автомобілів впливає вид перевезень. Одним з основних критеріїв, що вважаються мірою важкості і напруженості праці водія, є тип автомобіля і його вантажопідйомність [58].

У праці [248] описується математична модель для комплексної інтегральної оцінки напруженості праці людини-оператора складних систем управління, у якій в ролі незалежних змінних використовують: параметри артеріального тиску; індекс Руф'є; показники простої зорової і слухомоторної реакцій; показники зниження складної зорової і слухомоторної реакцій.

Інші дослідники [249] пропонують емпіричну залежність, що оцінює напруженість праці на маршруті. У якості змінних у цій залежності виступають: умовний рівень показника напруженості, що визначається перед початком роботи; комплексний коефіцієнт пропорційності, що відбиває специфіку роботи водія на певному маршруті; щільність динамічної картини дорожньої ситуації на 100 м шляху; встановлена на підставі експериментальних заїздів гранична безпечна швидкість руху транспортного засобу для певних дорожніх умов; нормована графіком руху експлуатаційна швидкість транспортного засобу для певного маршруту; кількість рухів на кілометр шляху, виконаних водієм при

керуванні транспортним засобом у певних дорожніх умовах при заданій експлуатаційній швидкості; математичне очікування величини інтегрального показника серцево-судинної системи.

Як видно, до показника напруженості одночасно включені показники стану водія і характеристики зовнішнього середовища, що, на думку автора праці [145], розбити не можна, тому що вхідними впливами є фізичне й інформаційне навантаження, а вихідними – швидкість і траєкторія руху.

Також, деякі дослідники [54, 250] відзначають, що найбільш важливим з виробничих факторів, що впливають на організм водія автомобіля, є нервово-емоційне напруження. Емоційний стан людини – це багатогранні реакції особистості на найрізноманітніші впливи фізичного і соціального середовища [58]. Вплив емоцій на діяльність людини спричиняє позитивний ефект, однак добре відомий і їхній негативний вплив при великих рівнях емоційного напруження [251]. Рівень нервово-емоційного напруження водія значною мірою визначає його надійність як ланки в системі «водій – автомобіль – дорога – середовище» [182].

Відомі два типи напруженості: гіпермобілізація (зростання збудження) і розвиток гальмівних процесів [56]. При тривалому впливі стрес-фактора можливий перехід збудження в гальмування [56]. При цьому ефективність роботи є функцією емоційного напруження. Причому, при визначеній складності виконуваної роботи ефективність її виконання досягає свого максимуму лише при певному рівні емоційного напруження. Зміна емоційного напруження в будь-який бік призводить до зниження ефективності роботи. Зниження емоційного тону, що відбувається в результаті недостатньої кількості інформації, може призвести до дрімоти, втрати пильності, уповільнення реакції. З іншого боку, надмірна емоційна напруга призводить до дезорганізації діяльності оператора і є одним з основних факторів у розвитку стомлення [56, 252, 253]. Внаслідок цього, контроль стану оператора в процесі роботи дозволить відслідковувати

ефективність виконуваної роботи. Тип автомобіля і складність маршруту впливають на виконання дій водія під впливом конкретних дорожніх факторів, що виражається в змінах емоційної напруженості водія [254].

З усіх водіїв, що працюють на транспорті, найбільше навантаження для нервової системи мають водії міського пасажирського транспорту [65]. Це навантаження визначається особливостями режимів роботи водіїв і умовами їхньої праці. Емоційна стійкість і емоційна сенситивність водія є якостями, що забезпечують ефективність його праці при роботі на міських автобусних маршрутах [175]. Збільшення емоційного напруження, як відзначають автори [145, 250], може також привести до зміни водієм режиму руху – збільшення або зниження швидкості. Аналіз результатів досліджень показав, що збільшення швидкості руху до 30 км/год не викликає істотної зміни емоційного напруження водія, однак подальше збільшення швидкості веде до прогресуючого його зростання [251]. Це обумовлюється тим, що у водія виникають «сплески» емоційного напруження в процесі взаємодії з іншими автомобілями потоку, пішоходами й іншими елементами дорожнього оточення [145, 250]. Також, вони пов'язані з відповідальністю за життя і здоров'я учасників руху і пасажирів, за збереження матеріальних цінностей [54]. Збільшення кількості сплесків в одиницю часу призводить до підвищення середнього рівня емоційного напруження. Автором у праці [250] була запропонована методика визначення робочого рівня емоційного напруження водія на тому або іншому перегоні маршруту. Характеристики роботи водіїв встановлювалися за запропонованими формулами або шляхом реєстрації й обробки біохарактеристик водія. Дослідники відзначають, що одним з важливих заходів, спрямованих на зниження нервово-емоційного напруження водія, є правильна організація його праці, яка покликана не допускати надмірного стомлення, а тим більш перевтоми водіїв [58].

Як відзначається у праці [52], одержання об'єктивних кількісних показників, що характеризують надійність роботи водія і процес

сприйняття дорожніх умов, є досить складним завданням, внаслідок технічної складності і недосконалості методів розпізнання і кількісного опису психофізичних станів людини в умовах реальної трудової діяльності. Необхідність високої надійності водія автомобіля додає особливу актуальність вишукуванню найбільш інформативних методів для оцінки їхніх індивідуальних психофізіологічних особливостей і діагностики функціональних станів [160].

Таким чином, маючи дані про зміну функціонального стану організму протягом визначеного періоду часу, можна судити про зміну стомлення [203]. Стомлення, в свою чергу, дозволяє оцінити працездатність і продуктивність [203, 256]. Внаслідок цього, виникає необхідність в аналізі методів оцінки функціонального стану водія.

2.1.5. Методи оцінки функціонального стану водія

Функціональні стани формуються під впливом показників тих систем, що безпосередньо впливають на ефективність діяльності, причому частіше вивчаються психологічні показники, що характеризують зрушення в перебігу психологічних процесів, і фізіологічні, що відбивають зміни різних систем організму людини [56, 257].

Найбільш розповсюдженим методом вивчення сприйняття водієм дорожніх умов є метод, що фіксує рішення водія, прийняті під впливом різних сполучень досліджених факторів, головним чином через зміну швидкості і траєкторії руху автомобіля [52, 258]. Недоліком цього методу є відсутність безпосереднього контакту дослідника з водієм. Можливо також досліджувати коригувальні рухи і повороти кермового колеса та педалі керування дросельною затулкою; дія гальмовою педаллю [154]. При дослідженні доцільно одержувати інформацію від самого водія [52]. Для цього фіксуються суб'єктивні критерії самооцінки відчуття небезпеки в транспортних ситуаціях, втоми [154]. Крім того, можна використовувати

методи, які застосовують у психології, фізіології й інженерній психології для оцінки психофізіологічного або функціонального стану людини [52, 172].

Для одержання інформації про поточний стан організму людини в певний час розглядають як фізіологічні показники, що відбивають зміни дихальної, серцево-судинної, рухової й інших систем організму, так і психологічні, що характеризують порушення в перебігу психологічних процесів [56]. Дослідники в працях [56, 154] наводять фізіологічні і психологічні показники, пов'язані з навантаженням і перевантаженням, що, на думку авторів, широко використовують у ергономічних дослідженнях. Фізіологічні показники: тиск крові, частота і глибина подиху, об'єм видихуваного в хвилину повітря, споживання кисню, електроенцефалограма, шкірно-гальванічна реакція, електроміограма, біохімічні зміни крові і сечі, частота пульсу і зміни у ритмі серцевого м'яза, електрокардіограма. Динаміка фізіологічних показників може відбивати не тільки загальні порушення активності організму, але і зміни навантаження окремих функціональних систем [259]. На думку авторів праці [183], психологічні показники більш тісно корелюють з результатами діяльності, ніж фізіологічні показники. Це пов'язано з їхньою регулюючою функцією в діяльності. Однак, уточнюють дослідники, для їхнього виміру потрібний тестовий вплив на оператора, відволікання його від виконання основної діяльності. Психологічні показники можуть бути визначені шляхом розв'язання задач за методом Дерев'янка [154, 260] або аналізом зміни в структурі зорового процесу (огляду) [154]. У праці [261] виділяється група психологічних методів, що становлять собою різні тести й опитувальники. Дослідники в працях [62, 183] додатково наводять групу біохімічних показників, до якої входить, наприклад склад крові. Однак, автори доходять висновку, що в практиці інженерно-психологічних досліджень вони використовуються рідко у зв'язку з труднощами одержання і реєстрації цих показників безпосередньо в процесі трудової діяльності.

Кров'яний тиск гарно відбиває динаміку станів напруження. У цих випадках тиск збільшується до 180-190 мм рт. ст. Підвищення тиску спостерігається не тільки за наявності напружених умов, але й на період їхнього очікування, при виникненні тривоги, підвищеній увазі і т.д. [56, 172].

Можливе використання методу електропневмографії, за якого вивчається частота і глибина подиху. У нормальному стані частота подиху складає близько 20 коливань у хвилину. У стані збудження або напруження частота подиху збільшується до 50-60 коливань на хвилину. Спостерігається також зменшення глибини подиху й скорочення фази видиху порівняно з вдихом [172].

Електроенцефалограма дозволяє одержувати інформацію як про роботу окремих центрів, так і про всю центральну нервову систему в цілому [52, 261]. Обов'язковою умовою при цьому є нерухомий стан випробуваного і розслаблені м'язи. Біопотенціали мозку виділяються за допомогою спеціальних електродів, що фіксуються за допомогою спеціального шолома, заповнених для зниження електричного опору спеціальною пастою. Отримані при дослідженні дані дають можливість оцінити як загальний функціональний стан водія, так і окремі психічні стани. Незважаючи на високу інформативність застосування електроенцефалограми в робочих умовах, її використання утруднено з технічних причин. Крім того, якщо в якості розмежувача виступає не одиничний сигнал, а цілий потік, то це призводить до змазування характеристик енцефалограми. Іншим недоліком цього методу є те, що електроди щільно притискаються до голови випробуваного для підтримки постійного опору на місці контакту, що викликає болісні відчуття, які терпіти понад 20 хвилин неможливо. Головним чином, застосування енцефалограми можливо тільки в стаціонарних умовах [52] і вимагає розробки спеціальних комп'ютерних комплексів [263].

Сутність шкірно-гальванічної реакції полягає в зміні різниці

потенціалів між окремими ділянками на поверхні шкіри людини, пов'язаних з несподіваною появою сигналу, переляком, болісному подразненні [52, 145, 264]. Виявлено також зв'язок між емоційним станом людини й електричним опором шкіри [52]. Шкірно-гальванічна реакція має одну особливість. З повторенням сигналу зовнішнього подразника, вона змінюється, а потім цілком зникає. Знову з'явитися шкірно-гальванічна реакція може тільки після руйнування стереотипів, що раніше застосовувалися. Будучи зовнішнім проявом психічної діяльності людини, вона часто використовується для оцінки її емоційного стану і процесу прийому і переробки нею інформації, і як один із психофізіологічних показників може використовуватися при оцінці надійності роботи водія. Незважаючи на простоту реєстрації шкірно-гальванічної реакції і її інформативну спроможність, використання її одної для загальної оцінки психічних станів людини й особливо її емоційного стану недостатньо [52].

Електроміографія полягає в реєстрації потенціалів м'язів. Джерелом коливань потенціалів є процес збудження, що поширюється м'язовими волокнами. Цей метод може використовуватися для виявлення за показником електричної активності м'язів, ступеня емоційного порушення людини при нервово-напруженій роботі [172].

Також, для оцінки функціонального стану водія можливо використовувати критичну частоту злиття мигтінь, що знайшла широке застосування в психології, фізіології, ергономіці, нейроофтальмології і ряді інших наукових дисциплін [265]. Сутність методу полягає в наступному. Випробуваному пред'являється джерело миготіючого світла, частота мигтінь якого зростає. Та частота, при якій випробуваний перестає відчувати мигтіння світла і бачить його безперервний потік, оцінюється як критична [265]. Відсутність єдиних методичних підходів і стандартного апаратного забезпечення цього методу призводить до вкрай суперечливих результатів у різних авторів і утрудняє можливість зіставлення отриманих у різних лабораторіях даних [262]. Головним чином, метод критичної

частоти злиття миготінь дозволяє оцінити функціональний стан через стан зорового аналізатора. Для реалізації цього методу дослідниками впроваджується спеціальне програмне забезпечення [266]. Однак, його використання для дослідження взаємозв'язку параметрів автотранспортних технологічних процесів і стану водія практично не є можливим через труднощі оцінки критичної частоти злиття миготінь в умовах руху. Крім того, використання цього методу окремо не дозволяє оцінити стан усього організму водія автомобіля [52].

Оцінювати функціональний стан водія під час руху можливо шляхом вивчення процесу розподілу його уваги в реальних дорожніх умовах. Цей метод одержав назву – окулографія. Основними показниками, що виступають у ролі зовнішнього коефіцієнта внутрішніх форм психічної діяльності людини, є рухи очей для слідкування, їхня наявність і характер [52]. Існує кілька способів оцінки цих параметрів. Можлива реєстрація переміщень уваги водія шляхом кінозйомки очей людини. Однак, цей спосіб не дає необхідної точності вимірів і може застосовуватися тільки для якісної і бінарної оцінки переміщення уваги водія [52, 267]. Крім того, цей спосіб не дає можливості розшифровки кінострічки руху очей в інтервалі 10-15 хв. у реальних дорожніх умовах [52]. Для усунення останнього недоліку поле зору водія може штучно обмежуватися, у результаті чого для одержання необхідної інформації він повинен переміщати це поле за рахунок руху голови. При цьому об'єкти, що потрапляють у зону видимості водія, необхідно фіксувати кінокамерою, закріпленою на його голові. Недоліком цього способу є той факт, що при цьому фіксується інформація, одержувана тільки центральним зором водія. Він відіграє головну роль при одержанні інформації про елементи дороги й об'єкти дорожньо-транспортного оточення, але не бере участь в оцінці швидкості руху, що призводить до її збільшення.

Реєстрація рухів очей людини можлива шляхом запису на фотопапері променя світла, відбитого від дзеркальця спеціальної присоски,

що встановлюється на роговиці анестезованого ока [52]. При цьому випробуваний повинний знаходитися в нерухомому стані і голова його повинна бути фіксована, що неможливо в реальних умовах руху автомобіля. Крім того, в умовах дорожнього руху цей метод внаслідок своєї громіздкості не використовують.

Практичне застосування при дослідженні параметрів розподілу уваги водія в реальних дорожніх умовах знайшов безконтактний електороокулографічний метод. Цей метод заснований на фіксації біопотенціалів, що виникають у живих тканинах. Між роговицею і сітківкою ока існує стійка різниця потенціалів, що пропорційна куту повороту очного яблука. Ця різниця і фіксується за допомогою спеціальних електродів і підсилювачів. Недоліком цього методу є труднощі точного визначення об'єкта, на який була спрямована увага водія. Цей недолік усувається при використанні спеціальної апаратури, що дозволяє з'єднувати на кіноплівці світлові плями, що відбиваються від очей і визначають її положення, а також положення об'єкта, на якому на цей момент був зафіксований погляд водія [52]. Таким чином, використання окулографічних методів вимагає наявності спеціальної апаратури і високого технічного забезпечення досліджень.

Наявності спеціального обладнання вимагає також й інший метод оцінки функціонального стану водія – фосфен, заснований на фіксації виникнення відчуття миготливого світіння на краях поля зору при прямому роздратуванні сітківки очей змінним струмом. Крім того, результати фосфену можна використовувати тільки як додаткові показники психофізичного стану водія [52].

Для оцінки функціонального стану водія можливо використовувати тестові методи. Це зумовлено тим, що такі характеристики, як увага, ступінь її напруження, втома, стомлення не мають точної кількісної оцінки [52]. Тестові методи дозволяють одержати кількісні характеристики процесів, що не корелюють у психофізичних показниках випробуваного.

Внаслідок чого, при оцінці цих характеристик величину психофізіологічних показників під час іспиту порівнюють з фоновими значеннями. Можливе використання різних тестів: червоно-чорні таблиці [52, 160, 251, 259, 268], що дозволяють вивчати стійкість уваги людини за різних станів центральної нервової системи; таблиці з випадковим розташуванням чисел для вивчення продуктивності зорового пошуку [52, 268]; коректурна проба (креслення заданих букв і цифр із набору випадково розташованих знаків), що дозволяє оцінювати швидкість прийому і переробки інформації [52]. Для визначення функціонального стану організму людини можливо також використовувати фізичні тести, за яких вона виконує низку заздалегідь визначених рухів [269]. Використання тестів дозволяє одержати тільки якісну оцінку зміни психофізичного стану [52]. Методи якісної оцінки дозволяють при безперервній реєстрації функціонального стану розпізнавати періоди розходжень напруженості його роботи, але мало придатні для оцінки динаміки зміни працездатності [262]. Тому в дослідженнях для визначення надійності приходить використовувати методи, що дозволяють оцінити ті ж механізми центральної нервової системи, що й у досліджуваній трудовій діяльності. За допомогою тестових методів можливо визначити енерговитрати людини в різні періоди трудової діяльності для досягнення однакових результатів. Ці показники дозволяють оцінити працездатність протягом робочого дня. Однак, використання тільки тестових методів для оцінки стану людини і ступеня стомлення є недостатнім [52].

Використовують також опитувальники, спрямовані на виявлення якісно різноманітних симптомів стомлення, що з більшою або меншою легкістю можуть бути усвідомлені людиною. Окремі опитувальники істотно відрізняються один від одного обсягом перерахованих ознак і способом їхнього групування [173]. Їх обсяг варіюється від кількох ознак до десятків і сотень.

Функціональний стан людини-оператора можливо оцінювати на

основі аналізу мови оператора [167, 172, 183]. На думку дослідників, існують стійкі фізичні параметри емоційної виразності мови, що відбиває динаміку функціонального стану. Так, за змінами частотних характеристик мови можна визначити ступінь і характер емоційної напруги [56]. Основними інструментами дослідження емоційної мови є спектральний аналіз і його кепстральні варіанти. Для практичної реалізації методики було розроблено відповідне програмне забезпечення, що дозволяє на основі відповідей оператора автоматично визначати його функціональний стан [167].

Ще одним з безконтактних методів є актограма – реєстрація довільних переміщень положення тіла оператора щодо крісла. Інформація про стан оператора у вигляді електричних сигналів знімається з тензодатчиків, закріплених на металевій основі під сидінням крісла [183]. За частотою коливань сигналів можлива діагностика трьох станів: стомлення, нормальна працездатність, утрата пильності. При цьому зміни кожного з цих станів строго індивідуальні для різних людей [183].

Також, про існування нервово-емоційного напруження можна довідатися шляхом аналізу концентрації в слині водія натрію і калію. Цей метод є досить чутливим показником впливу різних стресів [58].

Дослідники у праці [270] пропонують визначати функціональний стан організму людини фіксацією не швидких перемінних струмів, сумарна реєстрація яких здійснюється методами електрокардіографії, енцефалографії, міографії, а електропровідності за постійного струму між різними парами електродів із шести можливих, що фіксуються на визначених ділянках шкіри (чола, кистей, стоп). На основі цього методу авторами був розроблений апаратно-програмний комплекс для комп'ютерної діагностики стану організму людини.

За іншого методу використовується аналіз електропунктурного впливу на корпоральні біологічно активні точки дванадцяти головних парних меридіанів організму людини або їхніх проекційних зон за

методикою Су-Джок, що здійснюється за допомогою активного і пасивного електродів. При цьому активний електрод прикладається до досліджуваної точки [271].

У праці [170] пропонується використання комплексу моніторингу функціонального стану на основі методів оцінки психічної і фізіологічної складової регуляції гомеостазу. До першої групи включаються пакети методик психологічної діагностики. До другої – пакети методик психофізіологічної, функціональної і рефлекторної діагностики за біологічно активними ділянками.

Клініко-фізіологічну діагностику функціонального стану організму людини на основі топічної експрес-оцінки поточних характеристик рефлексогенних біологічно активних зон з використанням апаратно-програмного комплексу пропонують у роботі [272].

Також функціональний стан людини можна оцінювати шляхом тестування болісної чутливості при тепловій стимуляції [273]. При цьому, дослідженню піддається 40 точок на пальцях рук і ніг.

Інші дослідники для оцінки функціонального стану організму пропонують використовувати метод біоелектрографії. Він полягає в тому, що за дефектами корони випромінювань на біоелектограмах пальців верхніх і нижніх кінцівок за десятибальною системою оцінюється енергетичний і психоемоційний статуси організму [274].

Можлива діагностика функціонального стану організму людини на основі експрес-оцінки поточних електричних характеристик рефлексогенних біологічно активних зон шкіри [275]. На вивченні електричних властивостей цих зон заснована дія комп'ютерного електропунктурного сканера, призначеного для дослідження динаміки функціонального стану [276].

Прогнозувати працездатність людини й оцінювати її функціональний стан можна на основі аналізу часу простої сенсомоторної реакції з використанням спеціальної комп'ютерної програми [188].

Ще один метод, заснований на визначенні електронегативних ядер буккального епітелію, що в останні роки набуває усе більш широкого застосування у фізіології праці [168, 277, 278]. Його принцип полягає в тому, що ядра кліток мають так званий дзета-потенціал, що певною мірою відбиває функціональну активність організму на клітинному рівні. У змінному електричному полі ядра таких кліток здійснюють коливальні рухи до анода і, підраховуючи їхній відсоток у спеціальній камері, можна визначити електронегативність ядер і міркувати про функціональну активність організму.

Можливо також використання методу ВЧ-фотометрії – вимір характеристик світіння (інтенсивність, спектр, динаміка струму) пальця або руки оператора у полі високочастотного розряду [183].

Для проведення безконтактного контролю може використовуватися реєстрація щільності потоку випромінювання інфрачервоного діапазону зі скроневої ділянки голови оператора з використанням тепловізора, що працює в режимі радіометра [183].

Діагностика функціонального стану біологічних об'єктів, до яких належить і людина, може здійснюватися шляхом реєстрації електромагнітних хвиль збудження об'єкта. На основі визначення інтервальних і амплітудних параметрів цих хвиль формуються їх фазова й енергетична характеристики. Зі зміною положення вектора фазової характеристики формують елементарні геометричні фігури переміщення цього вектора фазовою площиною і визначають щільність імовірності появи елементарної геометричної фігури кожного виду, за якою судять про стан біологічного об'єкта [279].

Також, при вивченні функціонального стану людини великого поширення набув метод комплексної реєстрації психофізіологічних функцій (поліефекторний метод) [173], цінність якого полягає в можливості одночасної реєстрації багатьох психофізіологічних параметрів, за допомогою яких можна мати цілісне уявлення про роботу основних

функціональних систем організму. Такий підхід реалізується в комплексі для психофізіологічного тестування [280]. Принцип його дії полягає в реєстрації фізіологічних даних (електрокардіограми і часу реакції на світловий імпульс), а також реєстрації відповідей (так/ні) на питання тестів і часових інтервалів між відповідями.

У праці [281] для оцінки функціонального стану організму людини запропоновано метод «системних функціональних профілів», заснований на аналізі наступних показників: тривалості серцевого циклу, максимальної провідності атріовентрикулярного вузла, ефективного рефракторного періоду атріовентрикулярного вузла, кількості в сироватці крові трийодтироніну, індексу напруги, хвилинного обсягу, кінцевого діастолічного тиску в лівому шлуночку, відсоткового вмісту лімфоцитів у периферичній крові.

Одним з перспективних електрографічних методів оцінки функціонального стану організму, на думку дослідників, вважається газорозрядна візуалізація. Метод заснований на ефекті Кірліан – реєстрації світіння, що викликане фотонами, електронами, а також іншими частками поблизу поверхні біологічних об'єктів, розміщених в електромагнітному полі високої напруженості. При цьому передбачається, що біологічна емісія дозволяє оцінити ентропію стану людини [282].

Для узагальненої оцінки функціонального стану співробітників підрозділів Міністерства з надзвичайних ситуацій, до яких можна віднести і водіїв спеціальних транспортних засобів, також пропонується лінійна дискримінантна функція, що включає дев'ять показників: значення показника м'язової сили правої руки; показник, що характеризує психічну працездатність за значенням квазістаціонарного потенціалу; показник самопочуття; показник настрою; вегетативний коефіцієнт; ступінь сумарного відхилення від аутогенної норми; показник сумарної активації півкуль головного мозку, що характеризує психоемоційний стан; функціональна асиметрія півкуль головного мозку; величина ліво- або

правобічного зсуву рівня активації півкуль головного мозку [283]. Граничне значення дискримінантної функції дорівнює 4,19. Таким чином, позитивні значення дискримінантної функції свідчать про відносно достатній рівень функціонального стану співробітників (якщо значення перевищує 4,19, то він – оптимальний; а якщо значення негативне – знижений). Однак, у цьому показнику не відображений стан серцево-судинної системи, на який впливає функціональний стан організму людини [284].

Для оцінки передрейсового функціонального стану водіїв був розроблений універсальний психодіагностичний комплекс [285]. Він використовує наступні методи: визначення готовності до екстреної дії в умовах монотонних факторів, визначення критичної частоти злиття світлових миготінь, оцінка тимчасових інтервалів, визначення часу простою і складної рухової реакції; оцінка реакції на об'єкт, що рухається; оцінка тремору; визначення індивідуального психомоторного темпу; стресо- і перешкодостійкість; характеристика уваги; визначення особливостей водіїв за вербальним і проєктивним тестом.

Крім того, для діагностики функціонального стану водія було розроблено низки приладів і методів, що дозволяють досліджувати різні психічні процеси [160]. Однак, недоліком цих методів є неможливість їхнього використання безпосередньо при виконанні водієм своїх функцій.

Дослідники у праці [186] відзначають, що максимум інформації про функціональний стан організму можна отримати за даними варіабельності серцевого ритму шляхом реєстрації електрокардіограми. З усіх психофізіологічних показників електрокардіограма найбільш вивчена і методика її виміру й аналізу найбільш досконала [52]. Це пояснюється тим, що електрокардіограма широко використовується в клінічній практиці для вивчення серцево-судинної системи. Широке дослідження структури серцевого ритму в спортивній, авіаційній і космічній медицині, а також у клініці, дало можливість диференційованого підходу до кількісної оцінки

ступеня участі центральних і автономних механізмів регуляції серцевого ритму при впливі різних факторів на організм [202 – 205, 286 – 290]. У психології електрокардіограма є основним індикатором емоційного стану людини при фізичному і розумовому навантаженні [52]. При цьому, важливими є такі її характеристики як частота пульсу, зміна в зубцях і інтервалах [52]. Також можливе дослідження параметрів гармонії або дисгармонії біоритмів, що знімаються із серцево-судинної системи [291].

Потенціали, що виникають в серцевому м'язі проводяться навколишніми тканинами до шкірного покриву. Зміни цих потенціалів фіксуються спеціальними приладами – електрокардіографами. Крива, що реєструється, називається електрокардіограмою. Залежності від розв'язуваної задачі, електрокардіограма вимірюється в стандартних і нестандартних відведеннях [52]. Реєстрацію електрокардіограми в стандартних відведеннях роблять тоді, коли досліджуваний лежить у спокійному, розслабленому стані. У нестандартних відведеннях вимірювана електрокардіограма дозволяє визначити зміни частоти пульсу, ситолічного показника і відносної зміни інтервалів. Незважаючи на особливий вид електрокардіограми в різних відведеннях, у ній завжди можна виділити зміни потенціалів – зубців. Ці зубці (їхня амплітуда, тривалість, відстань до сусіднього зубця) і є головною характеристикою діяльності і стану серця [52].

При зростанні фізичного навантаження спостерігається збільшення зубців R і T, наведених на рис. 2.1, і зменшення інтервалів P-Q на фоні частішання пульсу. Емоційне навантаження викликає такі ж зміни в електрокардіограмі, як і значне фізичне. Сильне емоційне навантаження призводить до зниження зубців P і T. При цьому поліпшується серцевий ритм і зміщується вниз інтервал S-T. Зміна зубця T дослідники пов'язують з розвитком стомлення, із психічним напруженням й емоційними реакціями. Якщо використовувати електрокардіограму не як інструмент клінічної діагностики стану людини, а як психофізіологічний показник, то

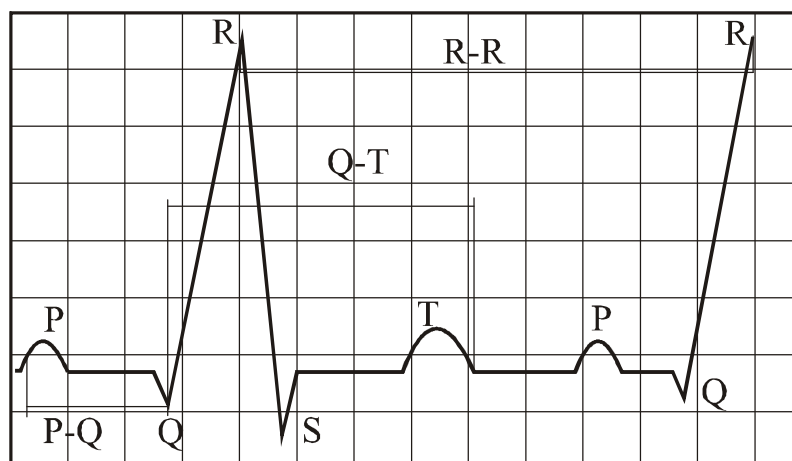


Рис. 2.1 – Схема електрокардіограми людини в нормі:

R-R – інтервал тривалості серцевого циклу;

P-Q – інтервал між початком порушення передсердь і шлуночків серця;

Q-T – інтервал тривалості порушення шлуночків серця.

аналізу підлягають зміна пульсу, форма зубців і співвідношення інтервалів між зубцями. При цьому відносні зміни цих характеристик електрокардіограми не залежать від місця відведення [52]. За даними ряду досліджень [287, 292] керування автомобілем найсильніше впливає на стан серцево-судинної і нервової системи водіїв, при цьому позначається вплив не тільки фізичних, але й емоційних навантажень [59, 293]. На підставі інформації про серцевий ритм можливо досить чітко розрізнити стадії робочого напруження і розвитку стомлення [286, 289, 290].

Серцево-судинна система з її багаторівневою регуляцією являє собою функціональну систему, кінцевим результатом діяльності якої є забезпечення заданого рівня функціонування цілісного організму. Будь-якому певному рівневі відповідає еквівалентний рівень функціонального апарату кровообігу [181, 205].

Організм людини є багатокомпонентною, складною, організованою

імовірнісною системою, у якій на різних рівнях можуть відбуватися процеси різного типу [290]. Внутрішні механізми системи кровообігу за звичайних умов взаємозалежні таким чином, щоб забезпечити необхідний рівень функціонування системи в цілому. При цьому встановлюється певний рівень роботи кожного з елементів системи, що залежить від рівня роботи сусідніх елементів.

Система кровообігу активно бере участь у всіх проявах життєдіяльності, забезпечуючи необхідний кінцевий результат діяльності керуючих і керованих ланок цілісного організму. Вона з її нейрогуморальним апаратом керування і саморегуляцією реагує на найменшу зміну потреби окремих органів і систем, а також забезпечує узгодження кровопотоку. Реакція серцево-судинної системи і її регуляторних механізмів є показником загальної реакції організму і результатом його адаптації до різноманітних факторів зовнішнього середовища [179, 181, 282, 293, 294]. Універсальною реакцією організму у відповідь на будь-яке навантаження, фізичне або емоційне, є зміна ритму серцевих скорочень [293]. Загальновизнана провідна роль серцево-судинної системи в забезпеченні адаптивних реакцій організму до факторів навколишнього середовища [295, 296]. Ступінь напруження регуляторних систем відіграє роль своєрідної фізіологічної «ціни» адаптації організму за навантаження, тобто величини фізичних і психічних витрат, що забезпечують виконання поставленого перед водієм завдання [254]. Однак, навіть в умовах спокою напруження регуляторних систем може бути високим, якщо людина не має достатніх функціональних резервів [181].

Як показують дослідники у працях [202, 204, 205], послідовність кардіоінтервалів електрокардіограми являє собою закодовану інформацію про процеси, що протікають не в самому серці, а в різних ланках системи управління: нервових сплетіннях; залозах внутрішньої секреції; нервових центрах, розташованих у глибині мозкової тканини. За структурою кардіоритму можна визначити стан механізмів фізіологічної

регуляції [282].

Для аналізу динамічних рядів кардіоінтервалів застосовують методи теорії випадкових процесів і теорії імовірності [202, 204, 290, 293]. Для автоматизації процесу аналізу дослідниками розроблялися спеціальні апаратно-програмні комплекси [254, 273, 282, 294, 297 – 302]. При цьому відзначається, що використання математичних методів при дослідженні надійності водіїв як основної ланки системи «водій – автомобіль – середовище руху» має першорядне значення [303].

Найбільш розповсюдженими методами, для яких накопичений досвід їхнього застосування в різних об'єктах прикладної фізіології й у клінічній практиці, є наступні: статистичний аналіз, варіаційна пульсометрія, кореляційна ритмографія, автокореляційний і спектральний аналіз [202, 302]. Аналіз варіабельності серцевого ритму дозволяє оцінити стан напруження і стомлення операторів транспортних засобів під час рейсу, вплив ергономічних особливостей організації їхньої роботи і швидкісного режиму [179].

При статистичному аналізі динамічного ряду R-R інтервалів обчислюють наступні показники: математичне очікування, середньоквадратичне відхилення, коефіцієнт варіації, коефіцієнт асиметрії та ексцес. Математичне очікування є величиною оберненою середній частоті пульсу [202]. Було виявлено, що збільшення швидкості руху на 5 км/год. викликає приріст частоти пульсу так само, як зменшення ширини проїзної частини на 0,5 м [255]. Однак, незважаючи на те, що статистичні показники досить повно характеризують динамічний ряд кардіоінтервалів як випадковий процес, вони не відбивають його внутрішньої структури і не дозволяють уявити механізми, що забезпечують наявний ефект регуляторних впливів [202].

При варіаційній пульсометрії вивчається закон розподілу кардіоінтервалів як випадкових величин з побудовою варіаційної кривої і визначенням різних її характеристик. Числовими характеристиками

пульсограм є розглянуті раніше показники статистичного аналізу, мода, варіаційний розмах і амплітуда моди. На підставі цих характеристик можна обчислити ряд вторинних показників: індекс вегетативної рівноваги, вегетативний показник ритму, показник активності процесів регуляції, індекс напруженості регуляторних систем [202, 304].

Ряд дослідників використовували індекс напруженості регуляторних систем як показник оцінки функціонального стану водіїв. Так, у праці [287] на підставі розрахунків даного показника були обґрунтовані раціональні режими роботи водіїв таксомоторів, у праці [286] з його використанням були отримані закономірності зміни функціонального стану водіїв сільськогосподарських машин протягом робочого дня і року.

Висновку стосовно того, що величина індексу напруженості регуляторних систем впливає на довгострокову продуктивність водія, дійшли у праці [145]. Тут же відзначається, що оцінка стану фізіологічних систем людини за індексом напруженості є загальновизнаною. За допомогою цього показника можна оцінювати функціональний стан водіїв не тільки після фізичних, але і розумово-емоційних навантажень [305].

Сутність методу кореляційної ритмографії полягає в послідовному відкладанні на осях прямокутних координат значень двох сусідніх R-R інтервалів і одержання на площині точки, фазовими координатами якої є по осі ординат поточний R-R інтервал, а по осі абсцис – наступний R-R інтервал [202]. На підставі цього графіка визначається індекс функціонального стану. Цей показник має негативну кореляцію з індексом напруженості.

Одним з ефективних методів оцінки функціонального стану організму людини під час здійснення виробничої діяльності є обчислення автокореляційної функції динамічного ряду тривалості серцевих циклів. Застосування цього методу для оцінки емоційного напруження у водіїв автомобілів також мало позитивний результат [58, 306]. Автокореляційний аналіз припускає побудову автокореляційної функції за значеннями низки

коефіцієнтів кореляції між вихідним динамічним рядом R-R інтервалів і нових низок, отриманих при послідовних його зсувах на одне значення [202].

Оцінку функції серцевого автоматизму при автокореляційному аналізі здійснюють за наступними показниками: кількість зрушень R-R інтервалів, необхідних для досягнення нульової кореляції; кількість зрушень R-R інтервалів, необхідних для досягнення кореляції, яка дорівнює 0,3; коефіцієнт кореляції після першого зрушення [290]. Ці показники автокореляційної функції дослідники у праці [305] використали для оцінки впливу на функціональний стан водіїв розумово-емоційних навантажень.

Кількісна оцінка періодичних складових у рядах величини частоти пульсу можлива при використанні спектрального аналізу [202, 205]. При цьому будуються графіки спектрів R-R інтервалів, на яких по осі абсцис відкладений період коливань у секундах, по осі ординат – потужність коливань в умовних одиницях. З використанням цього графіка виділяють п'ять показників: потужності дихальних повільних хвиль другого і першого порядків і дихальних хвиль; періоди повільних хвиль першого порядку і дихальних хвиль. За даними спектрального аналізу обчислюються індекс централізації й індекс активізації підкоркових нервових центрів.

Однак, наведені вище методи математичного аналізу ритму серця дозволяють оцінити тільки окремі елементи системи управління, що складається з п'яти функціональних систем: сумарного ефекту регуляції, функції автоматизму, вегетативного гомеостазу, стійкості регуляції, активності підкоркових нервових центрів. Дослідники у праці [202] запропонували інтегральний критерій оцінки функціонального стану людини – показник активності регуляторних систем, що відбиває загальну реакцію організму на вплив факторів навколишнього середовища. Цей показник характеризує напругу інформаційних каналів регуляції в

організмі людини, реакцію цих каналів на вплив факторів навколишнього середовища [307]. З його використанням була підтверджена можливість оцінки впливу на водіїв як типу транспортних засобів, так і складності маршруту їхнього руху [254].

Показник активності регуляторних систем наводять у вигляді суми умовних балів і залежно від його величини визначають у якому стані знаходиться людина: до 3 балів – нормальний стан, з 3 до 6 балів – стан напруги, з 6 до 8 балів – стан перенапруги, з 8 до 10 балів – виснаження (астенізація). При цьому також враховується кількість позитивних і негативних балів, що беруть участь у формуванні сумарного значення [202]. Більш детальний розгляд діапазонів функціональних станів відповідно до цієї методики був наведений у праці [302]: до 3 балів – фізіологічна норма (1 бал – оптимальний рівень, 2 бали – нормальний рівень, 3 бали – помірна функціональна напруга); з 4 до 5 балів – донозологічні стани (4 бали – виражена функціональна напруга, 5 балів – різко виражена функціональна напруга); з 6 до 7 балів – преморбідні стани (6 балів – перенапруга регуляторних механізмів, 7 балів – різко виражена перенапруга регуляторних механізмів); з 8 до 10 балів – зрив адаптації (8 балів – виснаження регуляторних систем, 9 балів – різко виражене виснаження регуляторних систем, 10 балів – зрив механізмів адаптації).

Було виявлено, що певна ступінь напруги необхідна для підтримки стану середньої нормальної життєдіяльності як в умовах відносного спокою, так і за звичайної діяльності. Однак, перенапруга систем регуляції може призвести до зриву адаптації з неадекватною зміною рівня функціонування основних систем організму і появи патологічних синдромів і захворювань [205]. Інші дослідники відзначають, що організація праці водія повинна не допускати надмірного стомлення, а тим більше перевтоми водіїв [58].

Внаслідок цього можна дійти висновку, що за будь-якої діяльності людини стан регуляторних механізмів її організму не повинний виходити

на рівень надмірного стомлення, перенапруги і зриву адаптації.

Таким чином, для оцінки величини функціонального стану водія автомобіля доцільно скористатися математичним методом аналізу серцевого ритму водія шляхом реєстрації електрокардіограми і визначення показника активності регуляторних систем. Однак, ці показники не можуть бути отримані шляхом «ручної» обробки електрокардіограми без застосування електронно-обчислювальних машин [206]. При дослідженнях питань проектування автомобільних доріг вже було розроблено програмне забезпечення для розрахунку значення показника активності регуляторних систем водія [307]. Можливе його використання для оцінки взаємозв'язку параметрів автотранспортних технологічних процесів і стану водіїв транспортних засобів.

2.2. Взаємозв'язок стану водія і параметрів технологічного процесу перевезення пасажирів

2.2.1. Виявлення й аналіз факторів, що впливають на параметри технологічного процесу перевезення пасажирів

Реалізація будь-якого автотранспортного технологічного процесу вимагає визначення його параметрів, на основі яких розробляються плани перевезення. Однак, параметри технологічного процесу перевезення пасажирів впливають на водіїв, що керують транспортними засобами, як це показано на рис. 2.2. Вплив зовнішніх факторів зумовлює витрати праці водія в процесі здійснення трудової діяльності. При цьому спостерігається зворотний зв'язок. Стан водія визначає його можливість виконувати завдання на перевезення. Внаслідок цього, виникає необхідність в аналізі факторів, що впливають на параметри технологічного процесу і стан водія.



Рис. 2.2 – Взаємозв'язок елементів технологічного процесу перевезення пасажирів і факторів, що впливають на них

Реалізація технологічного процесу перевезення пасажирів відбувається на маршрутах міського пасажирського транспорту. Можна виділити наступні його елементи:

- рух перегоном маршруту;
- простій на проміжній зупинці;
- рух маршрутом;
- простій на кінцевій зупинці;
- простій під час перерви.

Наведений структурний поділ технологічного процесу є доцільним через особливість зміни стану водія при різних елементах цього процесу.

На наступному етапі виникає необхідність у виділенні факторів

різних груп, що впливають на параметри технологічного процесу перевезення пасажирів.

Дослідники рекомендують при підборі включених до розгляду факторів дотримуватись наступних умов [308]:

- перелік факторів, що вивчаються, необхідно обґрунтувати теоретично;
- перелік повинен охоплювати найважливіші фактори, що здійснюють найбільш істотний вплив на зміну об'єкта;
- перелік не слід робити занадто великим, але він повинен описувати функцію за можливістю у всіх аспектах;
- фактори не повинні знаходитися між собою у функціональному зв'язку, тому що наявність функціонального і близького до нього зв'язку між факторами показує, що вони характеризують той самий бік досліджуваного явища. Включати до моделі із двох пов'язаних факторів потрібно той, котрий робить найбільший внесок у рівнянні регресії;
- потрібно встановити ділянку визначення факторів;
- необхідно враховувати умови зміни факторів у часі.

Користуючись наведеними рекомендаціями, були обрані фактори, що впливають на параметри технологічного процесу перевезення пасажирів, наведені на рис. 2.3.

Серед параметрів, що характеризують маршрут міського пасажирського транспорту, можна виділити наступні:

- довжина маршруту;
- технічна швидкість транспортних засобів;
- швидкість сполучення;
- кількість зупиночних пунктів;
- кількість рейсів, виконаних водієм на маршруті протягом робочого дня;
- час роботи водія на маршруті.

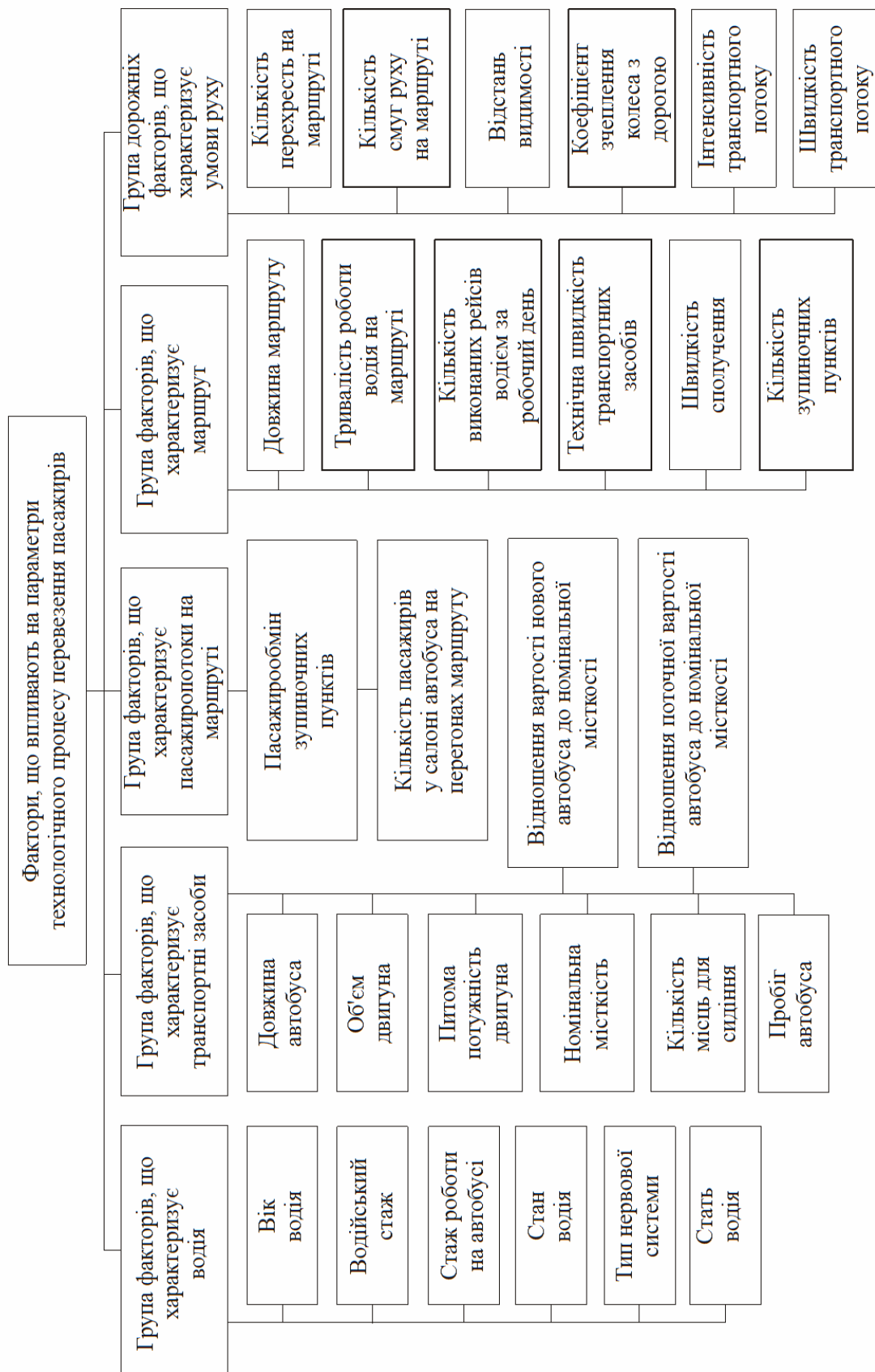


Рис. 2.3 – Фактори, що впливають на параметри технологічного процесу перевезення пасажирів

Довжина маршруту визначає час і умови руху автобуса маршрутом. Швидкість сполучення на маршруті і технічна швидкість визначають умови руху і величину часу, протягом якого на водія будуть діяти зовнішні фактори, що впливають на його стан. Кількість зупиночних пунктів характеризує складність руху маршрутом у зв'язку з необхідністю водія змінювати режими руху. Кількість рейсів і час роботи визначають витрати праці водія протягом робочого дня.

До параметрів, що характеризують дорожні умови, можна віднести:

- кількість перехресть на маршруті;
- кількість смуг в напрямку руху автобуса;
- коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою;
- відстань видимості;
- інтенсивність транспортного потоку;
- швидкість транспортного потоку.

Кількість смуг руху визнає можливість маневрування автобуса в потоці транспортних засобів. Кількість перехресть визначає затримки часу під час руху маршрутом. Коефіцієнт зчеплення, зумовлений типом і станом покриття дороги [309 - 311], істотно впливає на швидкість руху транспортних засобів [144, 312]. Умови видимості, що також істотно впливають на швидкість руху [313, 314], можливо оцінити відстанню видимості.

Склад транспортного потоку, тип і стан покриття дороги, ступінь рівності, подовжній профіль дороги і план траси визначають швидкість транспортного потоку. Інтенсивність руху транспортних засобів у потоці може визначати можливість виникнення перешкод руху автобуса з боку інших автомобілів.

Як параметри, що характеризують пасажиропотік на маршруті, можна виділити наступні:

- пасажирообмін зупиночних пунктів;
- кількість пасажирів у салоні автобуса на перегонах маршруту.

Пасажиरोобмін зупиночних пунктів визначає тривалість простоїв транспортних засобів для посадки і висадки, а також обсяг перевезень пасажирів на маршруті і змінюваність пасажирів. Кількість пасажирів у салоні автобуса на перегонах маршруту впливають на швидкість руху автобуса.

Розглядаючи групу факторів, які характеризують параметри транспортних засобів, можна виділити наступні дві підгрупи:

- підгрупа факторів, що визначає технічні характеристики автобусів;
- підгрупа факторів, що визначає ергономічні характеристики автобусів.

До підгрупи факторів, що визначають технічні характеристики автобусів, можна віднести:

- довжину автобуса;
- питому потужність двигуна транспортного засобу;
- об'єм двигуна;
- пробіг автобуса;
- кількість місць для сидіння;
- номінальну місткість.

Довжина автобуса, місткість і кількість місць для сидіння характеризують габаритні розміри автобуса і можуть впливати на можливість його маневрування в транспортному потоці. Питома потужність і об'єм двигуна є факторами, що характеризують динамічні характеристики транспортного засобу. Пробіг автобуса характеризує його технічний стан.

До підгрупи факторів, що визначають ергономічні характеристики автобусів, можна віднести:

- відношення вартості нового автобуса до номінальної місткості;
- відношення поточної вартості автобуса до номінальної місткості.

Істотний вплив на зміну стану водія під час руху на транспортному

засобі мають внутрішні умови його роботи [75, 315]. Вони включають організацію робочого місця водія (форму, розміри і розташування важелів керування і сидіння), а також мікроклімат у кабіні автомобіля. При проектуванні нових автомобілів питанням компоновання робочого місця водія приділяється велике значення. Дослідники постійно намагаються визначити те оптимальне сполучення параметрів, що забезпечує оптимальні умови праці водія. Крім того, змінюються антропологічні параметри людини. При проектуванні автомобілів враховується і цей процес [316]. Таким чином, однозначно визначити параметри, оптимальні з погляду ергономіки для будь-якого автомобіля, не є можливим. Внаслідок цього, виникає необхідність у виявленні показників, через використання яких можна враховувати ергономічні особливості кожного транспортного засобу.

Була висунута гіпотеза про взаємозв'язок ціни нового автомобіля і його ергономічних властивостей. Зі збільшенням ціни нового автомобіля зростають витрати як на розробку всіх його вузлів і механізмів, так і витрати, пов'язані з проектуванням ергономічних якостей транспортного засобу. Для перевірки висунутої гіпотези було застосовано метод кореляційного аналізу. Як вихідний матеріал були використані дані робіт [317 - 319], у яких наведені результати експертної оцінки параметрів легкових автомобілів. Разом з такими характеристиками як дизайн автомобіля, їздові властивості, їздовий комфорт і комфорт салону досліджувалася ергономіка автомобіля і розроблялася бальна оцінка розглянутих параметрів. Був проаналізований ряд автомобілів, діапазон цін яких змінювався в межах 10500-49400 у.о.

При цьому дослідженні автомобілі відрізнялися не тільки ціною, але й іншими показниками. Спостерігалася тенденція, що зі збільшенням довжини автомобіля, об'єму і потужності двигуна, маси транспортного засобу зростає його ціна. Відповідно до європейської класифікації довжина легкового автомобіля визначає його клас [11]. Двигун є дорогим агрегатом

автомобіля, найбільш інформативною характеристикою якого є потужність, що припадає на одиницю маси автомобіля. Усі розглянуті параметри взаємозалежні. Зі збільшенням довжини автомобіля збільшується і його маса, а для підтримки його динамічних характеристик у заданих межах потрібне збільшення об'єму двигуна, а як наслідок – і його питомої потужності. У зв'язку з цим у якості залежної змінної при проведенні дослідження розглядався не тільки абсолютний показник – ціна нового автомобіля, але і відносні – відношення ціни нового автомобіля до його довжини, до спорядженої маси і питомої потужності двигуна.

Таким чином, був проведений кореляційний аналіз між запропонованими показниками, у ході якого був розрахований коефіцієнт кореляції [320]. Результати розрахунків наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Оцінка взаємозв'язку між ергономічними властивостями і параметрами легкового автомобіля

Фактор	Коефіцієнт кореляції
Ціна нового автомобіля, у.о.	0,938
Відношення ціни нового автомобіля до його довжини, у.о./мм	0,950
Відношення ціни нового автомобіля до його спорядженої маси, у.о./кг	0,969
Відношення ціни нового автомобіля до питомої потужності двигуна, у.о./кВт	0,976

З даних табл. 2.1 видно, що між розглянутими параметрами і ергономічними властивостями автомобіля існує досить високий кореляційний зв'язок, що дає можливість їхнього використання як показників ергономічних властивостей автомобіля.

Найбільший зв'язок спостерігається між ергономічними властивостями і відношенням ціни нового легкового автомобіля до питомої потужності двигуна. Графічна інтерпретація цієї залежності наведена на рис. 2.4.

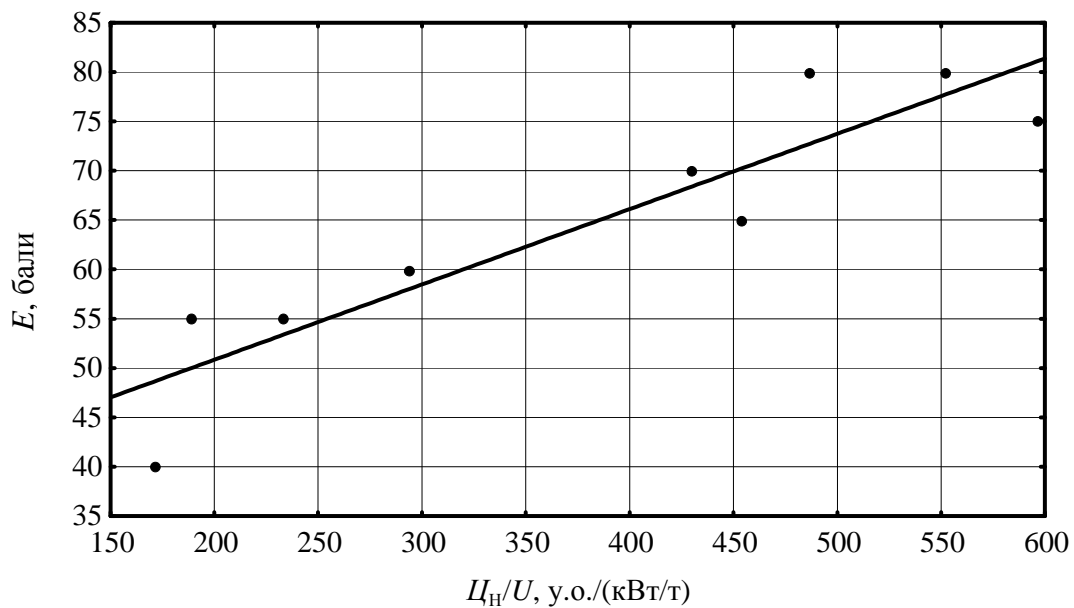


Рис. 2.4 – Графік залежності ергономічних властивостей легкового автомобіля від відношення ціни нового автомобіля до питомої потужності двигуна:

— – лінія тренда;

• – емпіричні дані;

E – оцінка ергономічних властивостей автомобіля, бали;

C_n/U – відношення ціни нового автомобіля до питомої потужності двигуна, у.о./кВт/т).

З графіка видно, що розкид емпіричних значень відносно лінії тренда незначний. Зі збільшенням значення C_n/U , зростає і бальна оцінка ергономічних властивостей автомобіля.

Стосовно автобусів, як фактор, що визначає їх ергономічні властивості, доцільно розглядати відношення вартості нового транспортного засобу до номінальної місткості, тому що вона, як і довжина автобуса, визначає його клас [11]. Крім того, також як фактор можна виділити відношення поточної вартості автобуса до номінальної місткості. Поточна вартість визначає ступінь зносу всіх агрегатів, який може впливати на умови керування транспортним засобом.

Як параметри, що характеризують водіїв рухомого складу міського пасажирського транспорту, можна виділити наступні:

- вік водія;
- водійський стаж;
- стаж роботи водія на автобусі;
- стать водія;
- стан водія;
- тип нервової системи.

Вік водія може визначати тривалість фаз функціонального стану. Досвід і майстерність водія впливають на параметри руху транспортного засобу [144]. Як показники, що оцінюють ці якості, можна використовувати водійський стаж і його стаж роботи на автобусі. Перший показник може визначити майстерність водія, а другий врахувати особливості водіння транспортних засобів для перевезення пасажирів. Стать водія може враховувати фізіологічні особливості чоловіків і жінок. Однак, у переважній більшості випадків на автобусах працюють чоловіки. Унаслідок цього в дослідженні водії-жінки не розглядалися.

Для оцінки функціонального стану водія був обраний метод математичного аналізу серцевого ритму шляхом реєстрації електрокардіограми і визначення показника активності регуляторних систем. Для поширення результатів дослідження взаємозв'язку функціонального стану водіїв автобуса і параметрів технологічного процесу на генеральну сукупність виникає необхідність визначення структури вибірки.

Вибірка повинна виступати як представницький зразок генеральної сукупності. Генеральною сукупністю для розглянутої задачі є усі водії автобусів, що працюють на маршрутах міського пасажирського транспорту. У цій задачі за основу відповідності структури вибірки і генеральної сукупності можна прийняти розподіл за типом нервової системи.

Для вибору кількісного співвідношення досліджуваних за приналежністю їх до певної групи типу нервової системи використовувалися дані, наведені у працях [262, 321]. Дослідники у праці [321] при дослідженні школярів у віці 10-11 років одержали наступні співвідношення:

- сангвініків – 27,2%;
- меланхоліків – 15,3%;
- холериків – 30,3%;
- флегматиків – 27,2%.

Практично такий же розподіл був отриманий і у праці [262] при обстеженні контингенту робітників:

- сангвініків – 26-30%;
- холериків – 28-31%;
- флегматиків – 25-27%;
- меланхоліків – 15-19%.

Вищенаведене співвідношення і було прийняте для проведення обстеження. Визначення типу нервової системи можливо з використанням спеціального типологічного опитувальника [322].

При математичному аналізі ритму серця важливе значення має вибір обсягу вибірки, тобто кількість кардіоінтервалів, що піддаються аналізу [202]. Залежно від цілей дослідження різні автори обирають для математичного аналізу реалізації різної довжини: від 100 до 400-800 серцевих циклів [145, 204, 205, 262]. За базову приймається вибіркова сукупність обсягів у 100 кардіоінтервалів [202].

Мінімальний ряд значень, що забезпечує статистичну вірогідність результатів, за даними авторів у праці [204] є 20 кардіоінтервалів.

Можна виділити три види математичного аналізу ритму серця: дискретний, або вибірковий, коли заданий обсяг вибірки аналізується через визначений інтервал часу або на визначених етапах спостереження (експерименту); безперервно-дискретний, коли експериментальний процес

процес аналізується безперервно, виділяючи в ньому послідовні вибірки певного обсягу; безперервно-ковзний, коли експериментальний процес аналізується безупинно, але таким чином, що кожна наступна вибірка містить у собі частину попередньої (при цьому робиться крок зсуву вибірки вздовж динамічного ряду значень).

Для проведення експериментальних досліджень впливу факторів, що характеризують параметри автотранспортного технологічного процесу на функціональний стан водія рухомої одиниці, був обраний безперервно-ковзний метод, запропонований у праці [262].

Фіксована на кожен момент часу електрокардіограма повинна містити 200 R-R інтервалів. Ця кількість забезпечує достатню точність при розрахунках. Показник активності регуляторних систем обчислюється для кожної сотні R-R інтервалів із зареєстрованої електрокардіограми зі зсувом 20 R-R інтервалів 5 разів. Далі обчислюється середньоарифметичне значення показника активності регуляторних систем, що і застосовується в подальших розрахунках.

Дослідження проводилися на рухомому складі міського пасажирського автомобільного транспорту різної місткості. Електрокардіограма фіксувалася портативним електрокардіографом ЕК1Т-04 з автономним живленням. Для зручності виміру електрокардіограми було випробувано кілька варіантів підключення до людини електродів. Дослідники у праці [262] пропонують підключення двох електродів до тіла людини на боках на ділянці 4-5 міжреберного простору і третього – до лівої руки. Іншим можливим варіантом, на їхню думку, є той, за якого два електроди підключаються до рук на зап'ястях, а третій електрод – до пальців руки. Можливо також підключення двох електродів по середній пахвовій лінії ліворуч і праворуч на рівні п'ятого міжребер'я, а третій – на лівій нозі водія [145]. У роботі [52] наведене наступне розташування електродів: один на лівій нозі водія, а другий – на лівій половині грудей на рівні серця. В остаточному підсумку був обраний стандартний варіант

підключення електродів електрокардіографа: два електроди на руках, два електроди на ногах, один на лівій половині грудей на рівні серця.

Реєстрація електрокардіограм проводилася в різних відведеннях залежно від того, при якому з них забезпечувалася найкраща якість запису. Це є припустимим унаслідок того, що зміна пульсу, форми зубців і співвідношення інтервалів між окремими комплексами електрокардіограм не залежить від місця її відведення [52], а саме ці параметри електрокардіограм й аналізуються при обраному методі дослідження.

Перед рухом за маршрутом у спеціальних картках фіксувалися параметри автобуса (марка, його пробіг), інформація про водія (вік, стаж роботи водія на транспортних засобах і на автобусі) і визначався тип його нервової системи за спеціальним типологічним опитувальником [322]. Перед початком руху один обліковець займав місце поруч з водієм, а інший знаходився в салоні автобуса. При цьому в картці обстеження фіксувався час початку руху. На кожному зупиночному пункті відзначався час прибуття і відправлення. Крім того, після зупинки і перед початком руху у водія реєструвалася електрокардіограма.

Під час руху за маршрутом фіксувався ряд параметрів:

- параметри маршруту (час простою на зупиночному пункті, час руху між зупиночними пунктами та їх кількість);
- умови руху (відстань видимості, стан дорожнього покриття, кількість смуг руху, кількість перехресть);
- параметри пасажиропотоку (кількість пасажирів, що увійшли і вийшли на пункті зупинки).

Зазначені дії повторювалися на кожному обстежуваному рейсі.

Наприкінці робочого дня визначалася кількість рейсів, виконаних кожним водієм і його час роботи на маршруті. Крім того, для кожного маршруту визначалися параметри, що характеризують дорожні умови руху. Для визначення інтенсивності руху і швидкості транспортного

потоків використовували дані Управління ДАІ МВС України і власні дослідження, проведені за методикою, що наведена у працях [323, 324].

Таким чином, після обробки результатів обстеження були отримані дані про фактори, що характеризують параметри технологічного процесу перевезення пасажирів.

2.2.2. Зміна стану водія під час руху перегonom маршруту

На підставі інформації, отриманої при проведенні обстеження, представляється можливим математичний опис залежності між параметрами технологічного процесу перевезення пасажирів і станом водія. При цьому розглядалися всі елементи технологічного процесу: рух перегonom, простій на проміжній зупинці, рух маршрутом, простій на кінцевій зупинці, простій протягом перерви.

Як розв'язання завдання розробки регресійних моделей впливу параметрів технологічного процесу на значення показника активності регуляторних систем водія була обрана модель лінійного типу. Розмір вибірки при розробці регресійних моделей визначався відповідно до рекомендацій, за якими кількість спостережень повинне бути в 6-7 разів більшим кількості факторів, що включаються в модель [308]. Для обчислення коефіцієнтів регресії використовують метод найменших квадратів [320, 325 – 334]. Характеристики параметрів моделі визначалися із застосуванням відомих методів статистики [320, 228, 331, 333, 334]. Для обчислення значимості факторів, що входять до моделей, використовувався критерій Стюдента [326, 332 – 334]. Інформаційна здатність моделі визначалась критерієм Фішера [325, 326, 330, 333]. Тіснота зв'язку між залежною змінною і факторами, що впливають на її значення, визначалась коефіцієнтом множинної кореляції [320].

Результати розрахунків параметрів моделі зміни показника активності регуляторних систем водія під час руху перегonom маршруту

наведені в табл. 2.2, 2.3.

Модель має такий вигляд:

$$P_{\Pi}^{\text{пп}} = 0,79P_{\text{д}}^{\text{пп}} + 0,09L_{\text{А}} - 0,0006\frac{C_{\text{Н}}}{M_{\text{Н}}} + 0,007T_{\text{д}}^{\text{пп}} + 0,04\frac{B_{\text{В}}}{S_{\text{А}}}. \quad (2.1)$$

Таким чином, з усіх досліджених факторів значимими виявилися тільки п'ять, про що свідчить розрахункове значення критерію Стюдента, що більше табличного значення, і відсутність нуля в довірчому інтервалі кожного коефіцієнта моделі.

Після розробки регресійної моделі проводилася її статистична оцінка. Результати розрахунків наведені в табл. 2.4.

Інформаційна спроможність моделі визначається критерієм Фішера [325, 326, 330, 333]. Розрахункове значення критерію Фішера перевершує табличне. Це свідчить, що модель зміни показника активності регуляторних систем під час руху перегонів маршруту описує результати експерименту краще, ніж найпростіша, у якій за певного набору значень змінних результатом є константа, що дорівнює середньому значенню.

Критерієм Фішера можна скористатися для визначення адекватності моделі [333], але тільки в тому випадку, якщо мають місце повторювані дослідження (спостереження). У розглянутому випадку немає повторюваних дослідів, тому критерієм Фішера визначалася інформаційна спроможність моделі.

Тіснота зв'язку між залежною змінною і факторами, що впливають на її рівень, визначається коефіцієнтом множинної кореляції [308, 327, 330, 333]. Значення коефіцієнта множинної кореляції свідчить про досить високий ступінь тісноти зв'язку між показником активності регуляторних систем водія і відібраними факторами.

Таблиця 2.2 – Характеристика моделі зміни показника активності регуляторних систем водія під час руху перегonom маршруту

Фактори	Позначення, розмірність	Межі вимірів	Коефіцієнт	Стандартна похибка	Критерій Стьюдента	
					розрахунковий	табличний [320]
Показник активності регуляторних систем перед початком руху	$P_{д}^{пп}$, бали	1-9	0,79	0,06	12,37	2,0
Довжина автобуса	L_A , м	4,8-16,5	0,09	0,02	4,68	2,0
Відношення вартості нового автобуса до номінальної місткості	$\frac{C_H}{M_H}$, у.о./м.н.	298,51-1416,67	-0,0006	0,0002	3,29	2,0
Час руху перегonom	$T_{д}^{пп}$, с	33-365	0,007	0,001	5,22	2,0
Відношення віку водія до стажу роботи на автобусі	$\frac{B_B}{S_A}$	1,58-33,3	0,04	0,01	2,68	2,0

Таблиця 2.3 – Довірчі інтервали коефіцієнтів моделі

Фактори	Нижня межа	Верхня межа
Показник активності регуляторних систем перед початком руху	0,67	0,92
Довжина автобуса	0,05	0,13
Відношення вартості нового автобуса до номінальної місткості	-0,001	-0,0002
Час руху перегonom	0,005	0,01
Відношення віку водія до стажу роботи на автобусі	0,009	0,07

Таблиця 2.4 – Результати оцінки моделі зміни показника активності регуляторних систем водія під час руху по перегону маршруту

Показники	Значення
Критерій Фішера: табличний розрахунковий	1,39 718,76
Коефіцієнт множинної кореляції	0,99
Середня похибка апроксимації, %	11,14

Оцінка адекватності розробленої моделі здійснювалась за показником середньої помилки апроксимації [308, 330, 333]. Значення середньої помилки апроксимації відповідає припустимим межам.

У результаті проведення розрахунків можна дійти висновку стосовно припустимості використання отриманої моделі зміни показника активності регуляторних систем водія під час руху перегонем маршруту для прогнозування зміни його стану.

2.2.3. Вплив стану водія й умов руху на технічну швидкість транспортних засобів на перегоні маршруту

Результати розрахунків параметрів моделі зміни технічної швидкості автобусів на перегоні маршруту наведені в табл. 2.5, 2.6.

Модель має такий вигляд:

$$V_T^{\text{III}} = 0,77P_{\text{д}}^{\text{III}} + 0,37S_A + 0,21V_{\text{п}} - 9,59\gamma^{\text{III}} + 15,86L_{\text{п}} + 0,71U. \quad (2.2)$$

З усіх розглянутих факторів значимими виявилися тільки шість, про що свідчить розрахункове значення критерію Стюдента, яке більше табличного значення, і відсутність нуля в довірчому інтервалі кожного коефіцієнта моделі.

Таблиця 2.5 – Характеристика моделі зміни технічної швидкості автобусів на перегоні маршруту

Фактори	Позначення, розмірність	Межі вимірів	Коефіцієнт	Стандартна похибка	Критерій Стьюдента	
					розрахунковий	табличний
Показник активності регуляторних систем перед початком руху	$P_{\text{д}}^{\text{пп}}$, бали	1-9	0,77	0,32	2,4	2,0
Стаж роботи водія на автобусі	$S_{\text{а}}$, роки	1,5-38	0,37	0,08	4,57	2,0
Швидкість транспортного потоку	$V_{\text{п}}$, км/год.	22,5-67,5	0,21	0,88	5,36	2,0
Коефіцієнт використання місткості автобуса	$\gamma^{\text{пп}}$	0,1-1,46	-9,59	2,81	2,81	2,0
Довжина перегону	$L_{\text{п}}$, км	0,29-1,97	15,86	1,73	9,17	2,0
Питома потужність двигуна транспортного засобу	U , кВт/т	6,93-23,97	0,71	0,09	5,57	2,0

Таблиця 2.6 – Довірчі інтервали коефіцієнтів моделі

Фактори	Нижня межа	Верхня межа
Показник активності регуляторних систем перед початком руху	0,13	1,42
Стаж роботи водія на автобусі	0,21	0,53
Швидкість транспортного потоку	0,131	0,287
Коефіцієнт використання місткості автобуса	-15,24	-3,93
Довжина перегону	12,39	19,34
Питома потужність двигуна транспортного засобу	0,33	0,7

Результати розрахунків статистичної оцінки моделі наведені в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Результати оцінки моделі зміни технічної швидкості автобусів на перегоні маршруту

Показники	Значення
Критерій Фішера: табличний розрахунковий	1,39 597,0
Коефіцієнт множинної кореляції	0,99
Середня похибка апроксимації, %	9,81

У результаті проведення розрахунків можна дійти висновку стосовно припустимості використання моделі зміни технічної швидкості автобусів на перегоні маршруту для визначення параметрів технологічного процесу перевезення пасажирів.

2.2.4. Зміна стану водія під час простою на проміжній зупинці

У процесі дослідження було виявлено, що час простою на зупиночному пункті не може впливати на зменшення показника активності регуляторних систем за лінійною залежністю. Показник активності регуляторних систем змінюється нерівномірно протягом часу відпочинку. Це пояснюється тим, що після навантаження (рух перегоном) на початку простою на проміжній зупинці показник активності регуляторних систем змінюється більш інтенсивно. Далі, зі збільшенням часу простою, інтенсивність його зміни поступово зменшується. Тому було розглянуто кілька нелінійних залежностей: $y = \log(x)$, $y = e^x$, $y = 1/x$.

В остаточному підсумку було виявлено, що як параметр, що впливає на показник активності регуляторних систем водія під час простою на проміжній зупинці, доцільно використовувати логарифмічну залежність –

$\ln(T_{\Pi}^{\text{ПО}})^{P_{\text{Д}}^{\text{ПО}}/4}$, у якій фігурує змінна $P_{\text{Д}}^{\text{ПО}}$. Це означає, що показник активності регуляторних систем після простою на зупинці залежить не тільки від часу відпочинку, але і від стану водія на початку простою на проміжній зупинці.

Результати розрахунків параметрів моделі зміни показника активності регуляторних систем водія під час простою на проміжній зупинці наведені в табл. 2.8, 2.9.

Таблиця 2.8 – Характеристика моделі зміни показника активності регуляторних систем водія при простої на проміжній зупинці маршруту

Фактори	Позначення, розмірність	Межі вимірів	Коефіцієнт	Стандартна похиба	Критерій Стьюдента	
					розрахунковий	табличний
Показник активності регуляторних систем водія перед простоєм на проміжній зупинці	$P_{\text{Д}}^{\text{ПО}}$, бали	1-9	0,99	0,06	17,1	2
Логарифм часу простою на проміжній зупинці, піднесений до ступеня значення показника активності регуляторних систем водія, поділеного на чотири	$\ln(T_{\Pi}^{\text{ПО}})^{\frac{P_{\text{Д}}^{\text{ПО}}}{4}}$	2,01-7,13	-0,08	0,04	2,01	2
Вік водія	$B_{\text{В}}$, роки	21-60	0,009	0,004	2,31	2

Таблиця 2.9 – Довірчі інтервали коефіцієнтів моделі

Фактори	Нижня межа	Верхня межа
Показник активності регуляторних систем перед простоем на проміжній зупинці	0,87	1,1
Логарифм часу простою на проміжній зупинці, піднесений до ступеня значення показника активності регуляторних систем водія, поділеного на чотири	–0,16	–0,0006
Вік водія	0,0015	0,016

Модель має такий вигляд:

$$P_{\Pi}^{\text{ПО}} = 0,99P_{\text{Д}}^{\text{ПО}} - 0,08 \ln \left(T_{\Pi}^{\text{ПО}} \right)^{\frac{P_{\text{Д}}^{\text{ПО}}}{4}} + 0,009B_{\text{В}}. \quad (2.3)$$

Про значимість факторів свідчить розрахункове значення критерію Стьюдента, що більше табличного значення, і відсутність нуля в довірчому інтервалі кожного коефіцієнта моделі.

Після розробки регресійної моделі зміни показника активності регуляторних систем водія при простої на проміжній зупинці проводилася її статистична оцінка. Результати розрахунків наведені в табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Результати оцінки моделі зміни показника активності регуляторних систем водія при простої на проміжній зупинці

Показники	Значення
Критерій Фішера: табличний розрахунковий	1,39 2023,52
Коефіцієнт множинної кореляції	0,99
Середня похибка апроксимації, %	6,8

Таким чином, можна дійти висновку стосовно припустимості використання цієї моделі для прогнозування зміни стану водія.

2.2.5. Зміна стану водія під час простою на кінцевій зупинці

Результати розрахунків параметрів моделі зміни показника активності регуляторних систем водія при простої на кінцевій зупинці наведені в табл. 2.11, 2.12.

Таблиця 2.11 – Характеристика моделі зміни показника активності регуляторних систем водія при простої на кінцевій зупинці маршруту

Фактори	Позначення, розмірність	Межі вимірів	Коефіцієнт	Стандартна похибка	Критерій Стьюдента	
					розрахунковий	табличний
Показник активності регуляторних систем водія перед простоєм на кінцевій зупинці	$P_{\text{Д}}^{\text{ПК}}$, бали	1-9	0,92	0,04	21,8	2,02
Логарифм часу простою на кінцевій зупинці у степені – значення показника активності регуляторних систем водія, поділене на чотири	$\ln\left(T_{\text{П}}^{\text{ПК}}\right)^{\frac{P_{\text{Д}}^{\text{ПК}}}{4}}$	2,01-8,58	-0,17	0,03	5,75	2,02
Вік водія	$B_{\text{В}}$, роки	21-60	0,009	0,003	2,74	2,02

Таблиця 2.12 – Довірчі інтервали коефіцієнтів моделі

Фактори	Нижня межа	Верхня межа
Показник активності регуляторних систем перед простоєм на кінцевій зупинці	0,83	1
Логарифм часу простою на кінцевій зупинці в степені значення показника активності регуляторних систем водія, поділене на чотири	–0,23	–0,11
Вік водія	0,002	0,02

Модель має наступний вигляд:

$$P_{\Pi}^{\text{ПК}} = 0,9P_{\text{Д}}^{\text{ПК}} - 0,17 \ln\left(T_{\Pi}^{\text{ПК}}\right)^{\frac{P_{\text{Д}}^{\text{ПК}}}{4}} + 0,009B_{\text{В}}. \quad (2.4)$$

Про значимість факторів свідчить розрахункове значення критерію Стюдента, що перевищує табличного значення, і відсутність нуля в довірчому інтервалі кожного коефіцієнта моделі.

Після розробки регресійної моделі зміни показника активності регуляторних систем водія при простої на кінцевій зупинці проводилася її статистична оцінка. Результати розрахунків наведені в табл. 2.13.

Таблиця 2.13 – Результати оцінки моделі зміни показника активності регуляторних систем водія при простої на кінцевій зупинці

Показники	Значення
Критерій Фішера: табличний розрахунковий	1,79 1172,67
Коефіцієнт множинної кореляції	0,99
Середня похибка апроксимації, %	8,6

Результати розрахунків дозволяють дійти висновку стосовно припустимості використання моделі для прогнозування зміни стану водія.

2.2.6. Зміна стану водія під час руху маршрутом

Результати розрахунків параметрів моделі зміни показника активності регуляторних систем водія під час руху маршрутом наведені в табл. 2.14, 2.15.

Таблиця 2.14 – Характеристика моделі зміни показника активності регуляторних систем водія під час руху по маршруту

Фактори	Позначення, розмірність	Межі вимірів	Коефіцієнт	Стандартна похибка	Критерій Стьюдента	
					розрахунковий	табличний
Показник активності регуляторних систем перед початком руху	$P_{\text{д}}^{\text{пм}}$, бали	1-9	0,53	0,08	6,58	2,0
Питома потужність двигуна транспортного засобу	U , кВт/т	6,93-23,97	0,042	0,015	2,04	2,0
Відношення віку водія до стажу його роботи на автобусі	$\frac{B_{\text{в}}}{S_{\text{а}}}$	1,58-33,3	0,053	0,026	2,08	2,0
Час сполучення на маршруті	$T_{\text{с}}^{\text{пм}}$, с	432-4243	0,0007	0,0003	2,22	2,0
Відношення вартості нового автобуса до номінальної місткості	$\frac{C_{\text{н}}}{M_{\text{н}}}$, у.о./м.н.	298-1416	-0,001	0,0004	2,56	2,0
Довжина автобуса	$L_{\text{а}}$, м	4,8-16,5	0,16	0,04	3,53	2,0

Таблиця 2.15 – Довірчі інтервали коефіцієнтів моделі

Фактори	Нижня межа	Верхня межа
Показник активності регуляторних систем перед початком руху	0,36	0,69
Питома потужність двигуна транспортного засобу	0,0006	0,06
Відношення віку водія до стажу роботи його на автобусі	0,0003	0,11
Час сполучення на маршруті	0,00004	0,001
Відношення вартості нового автобуса до номінальної місткості	–0,002	–0,0002
Довжина автобуса	0,06	0,025

Модель має такий вигляд:

$$P_{\Pi}^{\text{ПМ}} = 0,53P_{\text{Д}}^{\text{ПМ}} + 0,053\frac{B_{\text{В}}}{S_{\text{А}}} + 0,0007T_{\text{С}}^{\text{ПМ}} + 0,042U - 0,001\frac{U_{\text{Н}}}{M_{\text{Н}}} + 0,17L_{\text{А}}. \quad (2.5)$$

Таким чином, з усіх досліджуваних факторів, значимими виявилися тільки шість, про що свідчить розрахункове значення критерію Стюдента, яке більше табличного значення, і відсутність нуля в довірчому інтервалі кожного коефіцієнта моделі.

Після розробки регресійної моделі зміни показника активності регуляторних систем водія під час руху маршрутом проводилася її статистична оцінка. Результати розрахунків наведені в табл. 2.16.

Ця модель описує зміну стану організму водія під час руху маршрутом, тривалість якого може досягати 1,5 години. Це відносно великий проміжок часу. У результаті проведених досліджень стає можливим оцінити зміну стану водія протягом часу руху маршрутом з погрешністю 12,1%. Це є припустимим для такого інтервалу часу.

Таблиця 2.16 – Результати оцінки моделі зміни показника активності регуляторних систем водія під час руху маршрутом

Показники	Значення
Критерій Фішера: табличний розрахунковий	1,39 143,2
Коефіцієнт множинної кореляції	0,975
Середня похибка апроксимації, %	12,1

Таким чином, можна дійти висновку стосовно можливості використання цієї моделі при прогнозуванні зміни стану водія.

2.2.7. Вплив стану водія й умов руху на швидкість сполучення маршрутом

Результати розрахунків параметрів моделі зміни швидкості сполучення протягом руху маршрутом наведені в табл. 2.17, 2.18.

Модель має такий вигляд:

$$V_C^M = 1,32P_{\text{д}}^{\text{ПМ}} + 0,67S_A + 2,25L_M^{\text{П}} + 0,84U - 7,23\gamma^{\text{ПМ}} - 1,34K_{\text{оп}} - 0,013N. \quad (2.6)$$

Таким чином, з усіх досліджених факторів, значимими виявилися тільки сім, про що свідчить розрахункове значення критерію Стюдента, яке більше табличного, і відсутність нуля в довірчому інтервалі кожного коефіцієнта моделі.

Після розробки регресійної моделі зміни швидкості сполучення проводилася її статистична оцінка. Результати розрахунків наведені в табл. 2.19.

Результати оцінки моделі дозволяють дійти висновку стосовно припустимості її використання в практичних розрахунках.

**Таблиця 2.17 – Характеристика моделі зміни швидкості
сполучення маршрутом**

Фактори	Позначення, розмірність	Межі вимірів	Коефіцієнт	Стандартна похибка	Критерій Стьюдента	
					розрахунковий	табличний
Показник активності регуляторних систем водія перед початком руху	$P_{\text{д}}^{\text{пм}}$, бали	1-9	1,32	0,31	3,96	2,02
Довжина маршруту	$L_{\text{м}}^{\text{п}}$, км	3,4-25,29	2,25	0,63	2,84	
Питома потужність двигуна транспортного засобу	U , кВт/т	6,93-23,97	0,84	0,13	6,11	
Стаж роботи водія на автобусі	$S_{\text{а}}$, роки	1-22	0,67	0,11	5,63	
Кількість зупиночних пунктів	$K_{\text{оп}}$, од.	0-35	-1,34	0,4	2,67	
Коефіцієнт використання місткості	$\gamma^{\text{пм}}$	0,21-1,27	-7,23	3,06	2,19	
Інтенсивність транспортного потоку	N , авт./год.	483-966	-0,013	1,58	2,56	

Таблиця 2.18 – Довірчі інтервали коефіцієнтів моделі

Фактори	Нижня межа	Верхня межа
Довжина маршруту	0,51	3,04
Питома потужність двигуна транспортного засобу	0,55	1,1
Стаж роботи водія на автобусі	0,38	0,81
Кількість зупиночних пунктів	-1,86	-0,26
Коефіцієнт використання місткості	-12,9	-0,51
Інтенсивність транспортного потоку	-0,015	-0,0017

Таблиця 2.19 – Результати оцінки моделі зміни швидкості сполучення маршрутом

Показники	Значення
Критерій Фішера: табличний розрахунковий	1,52 487,76
Коефіцієнт множинної кореляції	0,99
Середня похибка апроксимації, %	8,7

2.2.8. Зміна стану водія під час перерви

Результати розрахунків параметрів моделі зміни стану водія під час перерви наведені в табл. 2.20, 2.21.

Таблиця 2.20 – Характеристика моделі зміни стану водія під час перерви

Фактори	Позначення, розмірність	Межі вимірів	Коефіцієнт	Стандартна похибка	Критерій Стьюдента	
					розрахунковий	табличний
Показник активності регуляторних систем водія перед перервою	$P_{\text{д}}^{\text{об}}$, бали	1-9	0,95	0,03	25,7	2,04
Логарифм часу простою під час перерви у степені – значення показника активності регуляторних систем водія, поділене на чотири	$\ln(T_{\text{об}})^{\frac{P_{\text{д}}^{\text{об}}}{4}}$	20,1-9,14	-16,81	1,55	10,8	2,04
Вік водія	$B_{\text{в}}$, роки	21-60	0,009	0,002	3,55	2,04

Таблиця 2.21 – Довірчі інтервали коефіцієнтів моделі

Фактори	Нижня межа	Верхня межа
Показник активності регуляторних систем перед перервою	0,88	1,03
Логарифм часу простою під час перерви у степені – значення показника активності регуляторних систем водія, поділене на чотири	–20,01	–13,62
Вік водія	0,004	0,015

Модель має такий вигляд:

$$P_{\Pi}^{\text{ОБ}} = 0,95P_{\text{д}}^{\text{ОБ}} + 0,009B_{\text{в}} - 16,81\ln(T_{\text{ОБ}})^{\frac{P_{\text{д}}^{\text{ОБ}}}{4}}. \quad (2.7)$$

Таким чином, усі досліджувані фактори виявилися значимими, про що свідчить розрахункове значення критерію Стюдента, яке більше табличного значення, і відсутність нуля в довірчому інтервалі кожного коефіцієнта моделі.

Після розробки регресійної моделі зміни стану водія під час перерви проводилася її статистична оцінка. Результати розрахунків наведені в табл. 2.22.

Таблиця 2.22 – Результати оцінки моделі зміни стану водія під час перерви

Показники	Значення
Критерій Фішера: табличний розрахунковий	1,62 1031,5
Коефіцієнт множинної кореляції	0,99
Середня похибка апроксимації, %	7,9

У результаті проведення розрахунків можна дійти висновку стосовно припустимості використання отриманої моделі для оцінки зміни стану водія під час перерви.

2.2.9. Зміна стану водія протягом робочого дня

Результати розрахунків параметрів моделі зміни показника активності регуляторних систем водія протягом робочого дня наведені в табл. 2.23, 2.24.

Таблиця 2.23 – Характеристика моделі зміни показника активності регуляторних систем водія протягом робочого дня

Фактори	Позначення, розмірність	Межі вимірів	Коефіцієнт	Стандартна похибка	Критерій Стьюдента	
					розрахунковий	табличний
Показник активності регуляторних систем перед початком роботи	$P_{\text{д}}^{\text{пд}}$, бали	1-7	0,22	0,11	2,01	2,0
Довжина маршруту	$L_{\text{м}}^{\text{п}}$, км	4,95-24,93	13,83	3,21	4,31	2,0
Довжина автобуса	$L_{\text{а}}$, м	4,8-13,5	0,22	0,06	3,61	2,0
Відношення вартості нового автобуса до номінальної місткості	$\frac{C_{\text{н}}}{M_{\text{н}}}$, у.о./м.н.	596,54-1416,67	-0,002	0,0004	4,25	2,0
Час роботи	$T_{\text{р}}$, год.	0,33-11,75	0,29	0,06	4,99	2,0
Відношення віку водія до стажу роботи на автобусі	$\frac{B_{\text{в}}}{S_{\text{а}}}$	3,5-42	0,05	0,02	2,66	2,0

Таблиця 2.24 – Довірчі інтервали коефіцієнтів моделі

Фактори	Нижня межа	Верхня межа
Показник активності регуляторних систем перед початком роботи	0,008	0,44
Довжина маршруту	7,17	20,49
Довжина автобуса	0,09	0,34
Відношення вартості нового автобуса до номінальної місткості	–0,002	–0,0008
Час роботи	0,17	0,41
Відношення віку водія до стажу роботи на автобусі	0,01	0,08

Модель має такий вигляд:

$$P_{\text{д}}^{\text{пд}} = 0,22P_{\text{д}}^{\text{пд}} + 13,83\left(\frac{1}{L_{\text{м}}^{\text{п}}}\right) + 0,22L_{\text{а}} - 0,002\frac{П_{\text{н}}}{M_{\text{н}}} + 0,29T_{\text{р}} + 0,05\frac{B_{\text{в}}}{S_{\text{а}}}. \quad (2.8)$$

З усіх досліджених факторів, значимими виявилися тільки шість, про що свідчить розрахункове значення критерію Стюдента, яке більше табличного, і відсутність нуля в довірчому інтервалі кожного коефіцієнта моделі.

Результати розрахунків статистичної оцінки моделі (2.8) наведені в табл. 2.25.

Таблиця 2.25 – Результати оцінки моделі зміни показника активності регуляторних систем водія протягом робочого дня

Показники	Значення
Критерій Фішера: табличний розрахунковий	1,39 103,13
Коефіцієнт множинної кореляції	0,98
Середня похибка апроксимації, %	16,1

Ця модель описує зміну стану організму водія протягом робочого дня. Тривалість роботи водія може досягати 12 годин. Це досить великий проміжок часу. У результаті проведених досліджень стає можливим оцінити зміну стану водія за час роботи з погрішністю 16%. Це є припустимим для такого інтервалу часу. Таким чином, можна дійти висновку стосовно можливості використання розробленої моделі для практичних розрахунків.

2.3. Проектування параметрів технологічного процесу перевезення пасажирів з урахуванням стану водія

2.3.1. Рекомендації з нормування швидкостей міського пасажирського транспорту

Дослідження закономірностей зміни технічної швидкості транспортних засобів на перегонах маршруту було проведено на основі аналізу характеристичного графіка, що наведений на рис. 2.5.

Графік наочно демонструє, що найбільш істотне підвищення технічної швидкості можливо за рахунок збільшення довжини перегону. Однак, при цьому збільшується час підходу пасажирів до зупиночних пунктів [17]. Внаслідок цього, при проектуванні системи зупиночних пунктів необхідно враховувати взаємозв'язок різних параметрів технологічного процесу, як рекомендується у працях [16, 17]. Збільшення технічної швидкості на маршруті можливо за рахунок проектування трас маршрутів магістральними вулицями з великими швидкостями транспортного потоку. Також при нормуванні швидкості руху необхідно враховувати ступінь заповнення салону транспортного засобу, що може істотно знизити її. Підвищення технічної швидкості можливо за рахунок використання для роботи на маршрутах автобусів з високими динамічними характеристиками і залучення водіїв з великим стажем роботи.

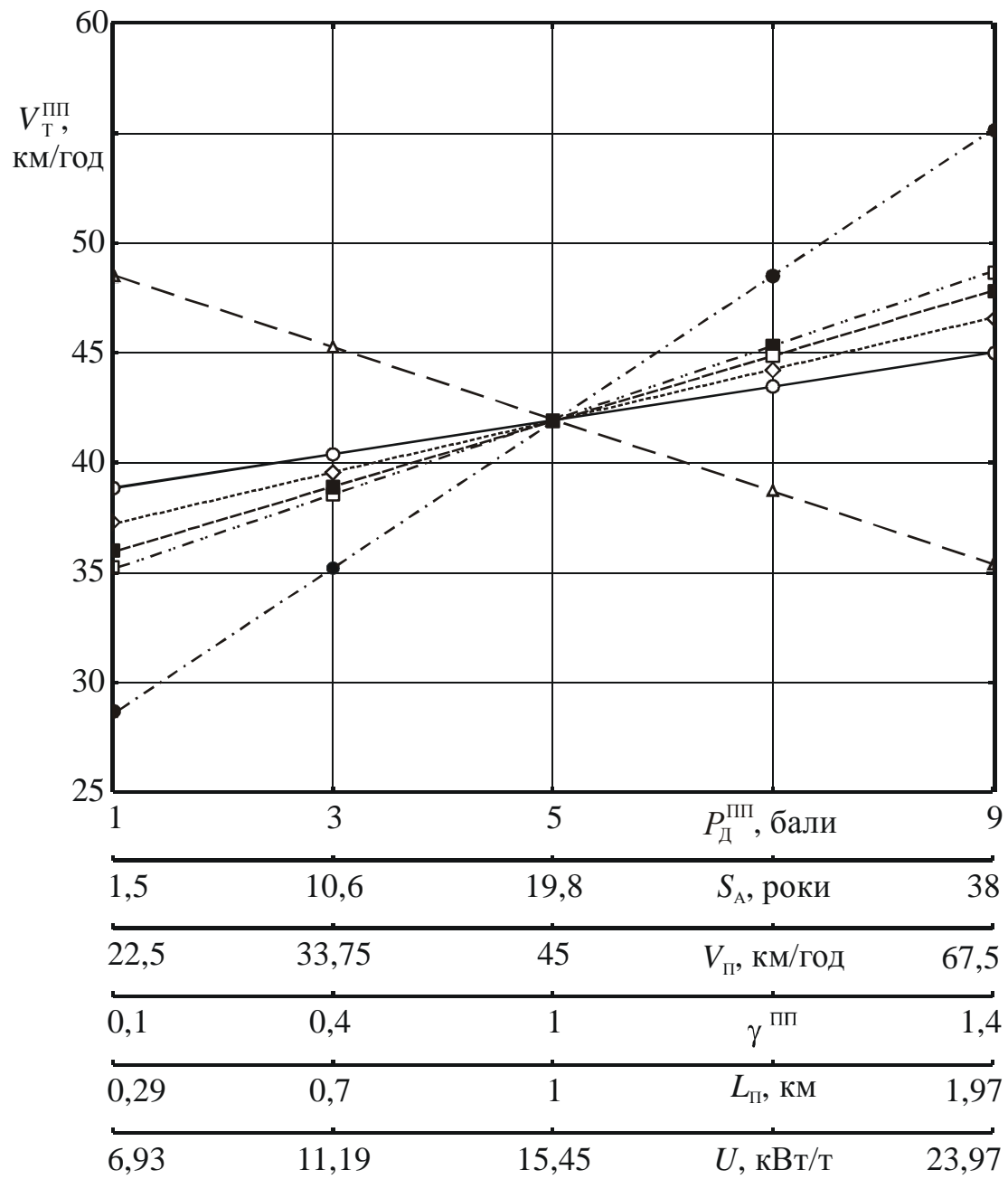


Рис. 2.5 – Характеристичний графік технічної швидкості автобуса на перегоні маршруту:

$\text{---}\bigcirc\text{---}$ – P_d^{III} ; $\text{---}\square\text{---}$ – S_A ; $\text{---}\diamond\text{---}$ – V_{II} ;

$\text{---}\triangle\text{---}$ – γ^{III} ; $\text{---}\bullet\text{---}$ – L_{II} ; $\text{---}\blacksquare\text{---}$ – U .

Крім того, як можна побачити на характеристичному графіку, водії з високим значенням показника активності регуляторних систем перед початком руху перегоню розвивають більш високі швидкості. Однак, це збільшення технічної швидкості не може вважатися позитивним результатом. У випадку необґрунтованого її збільшення підвищується імовірність виникнення дорожньо-транспортних випадків. Отже, при проектуванні технологічного процесу перевезення пасажирів необхідно враховувати зміни стану водія під час руху і не допускати надмірного розвитку стомлення.

Для дослідження закономірностей зміни швидкості сполучення транспортних засобів маршрутом також був побудований характеристичний графік, що наведений на рис. 2.6.

Його аналіз дозволив зробити висновок, що підвищення швидкості сполучення можливо за рахунок зміни тих же чинників, що і для підвищення технічної швидкості. Кількість зупиночних пунктів на маршруті пов'язана з довжиною перегонів і при його визначенні необхідно також враховувати взаємозв'язок різних параметрів технологічного процесу і параметрів перевезення пасажирів.

Технологія побудови характеристичного графіка припускає варіювання значення одного фактора при постійних величинах інших. Він не дає можливості оцінити їхній спільний вплив на досліджуваний параметр. Для розв'язання цієї задачі були побудовані графіки зміни швидкостей автобусів за різних умов роботи, що наведені на рис. 2.7 - 2.18. При побудові графіків одночасно варіювалися довжина перегону або маршруту, а також стаж роботи водія на транспортних засобах пасажирського транспорту.

Виходячи з аналізу цих графіків можна зробити наступні висновки:

- при нормуванні часу рейсу необхідно враховувати кваліфікацію водіїв, що працюють на маршруті, і марку транспортного засобу;
- збільшення швидкості можливо за рахунок залучення водіїв з великим водійським стажем. У випадку, якщо це неможливо, необхідно організовувати курси підвищення кваліфікації для менш досвідчених водіїв;

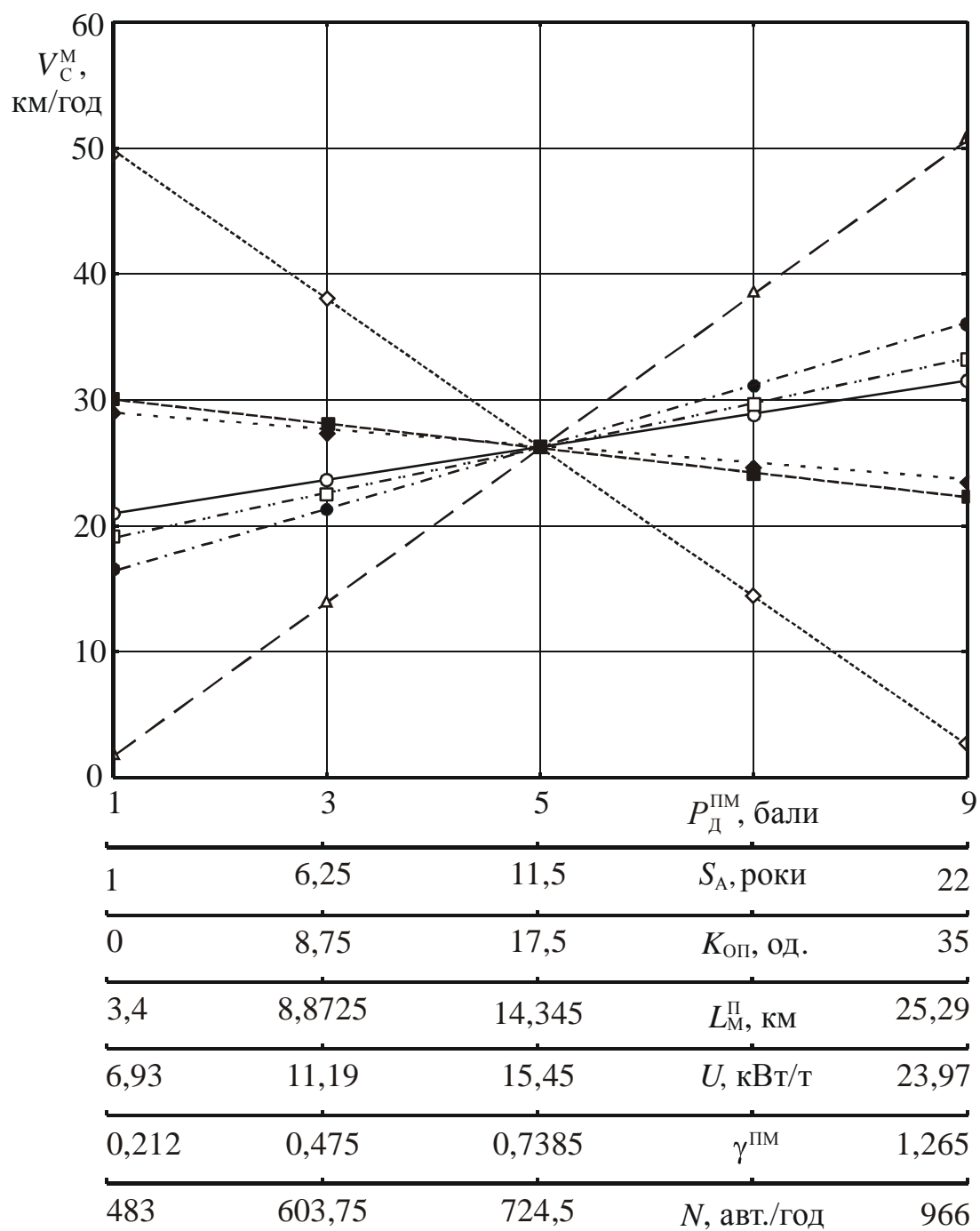


Рис. 2.6 – Характеристичний графік швидкості сполучення автобуса на маршруті:

$\text{---}\circ\text{---}$ – $P_d^{\text{ПМ}}$; $\text{---}\square\text{---}$ – S_A ; $\text{---}\diamond\text{---}$ – $K_{\text{ОП}}$; $\text{---}\triangle\text{---}$ – $L_M^{\text{П}}$;
 $\text{---}\bullet\text{---}$ – U ; $\text{---}\blacksquare\text{---}$ – $\gamma^{\text{ПМ}}$; $\text{---}\blacklozenge\text{---}$ – N .

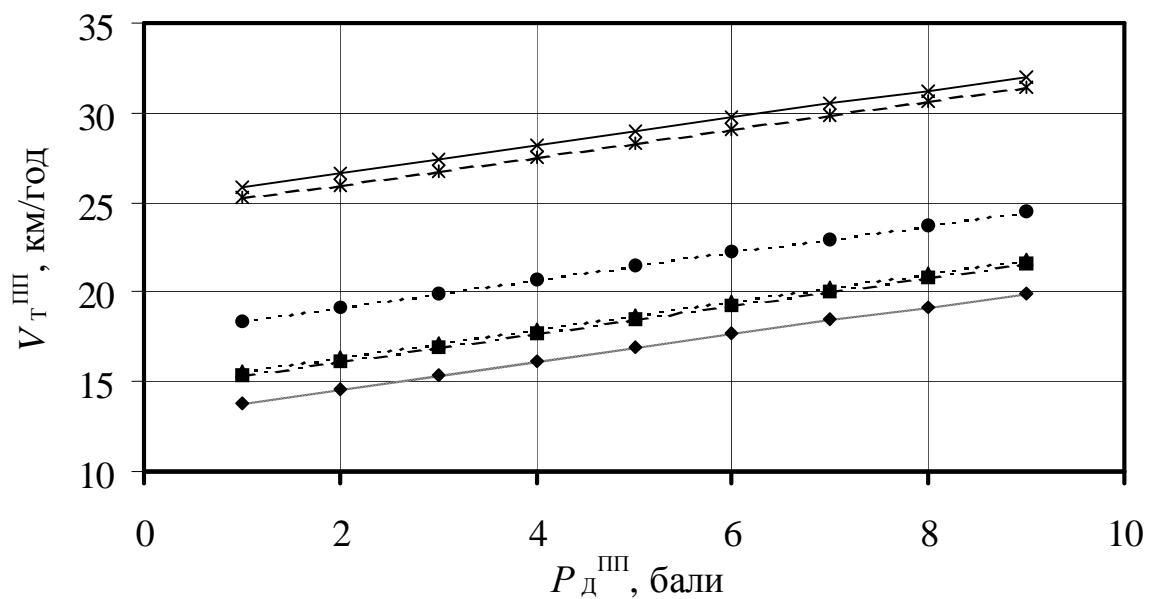


Рис. 2.7 – Зміна технічної швидкості автобусів на перегоні маршрутом при $L_{II} = 0,4$ км і $S_A = 1,5$ року:

$\cdots \blacklozenge \cdots$ – Ікарус-280; $\cdots \times \cdots$ – Mazda-E2200; $\cdots \blacksquare \cdots$ – Ікарус-260;
 $\cdots * \cdots$ – Газель-32213; $\cdots \blacktriangle \cdots$ – ЛАЗ-695Н; $\cdots \bullet \cdots$ – Volvo-B10M.

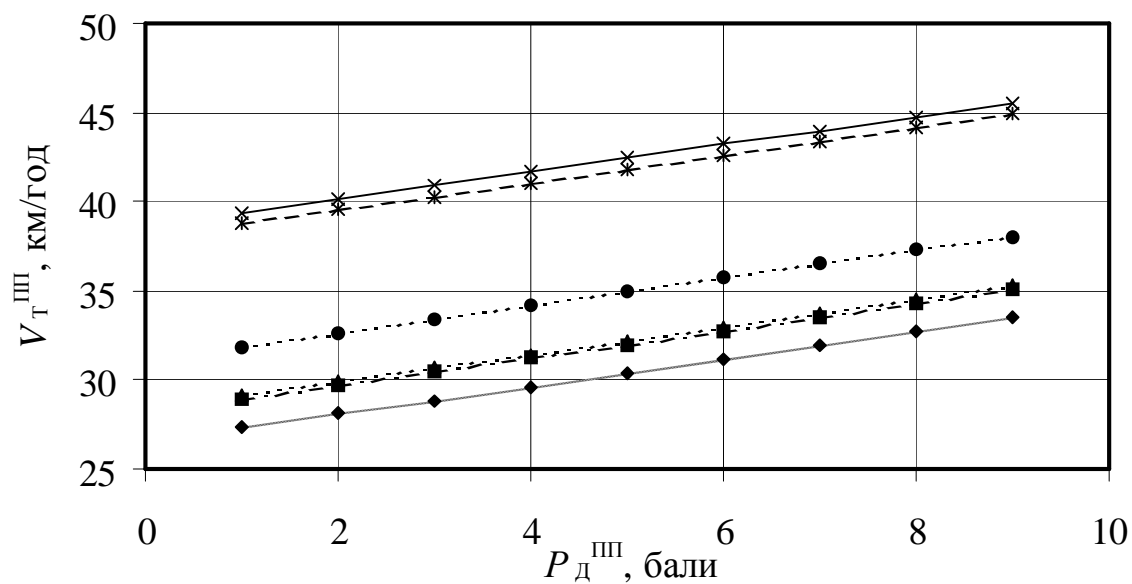


Рис. 2.8 – Зміна технічної швидкості автобусів на перегоні маршрутом при $L_{II} = 0,4$ км і $S_A = 38$ років:

$\cdots \blacklozenge \cdots$ – Ікарус-280; $\cdots \times \cdots$ – Mazda-E2200; $\cdots \blacksquare \cdots$ – Ікарус-260;
 $\cdots * \cdots$ – Газель-32213; $\cdots \blacktriangle \cdots$ – ЛАЗ-695Н; $\cdots \bullet \cdots$ – Volvo-B10M.

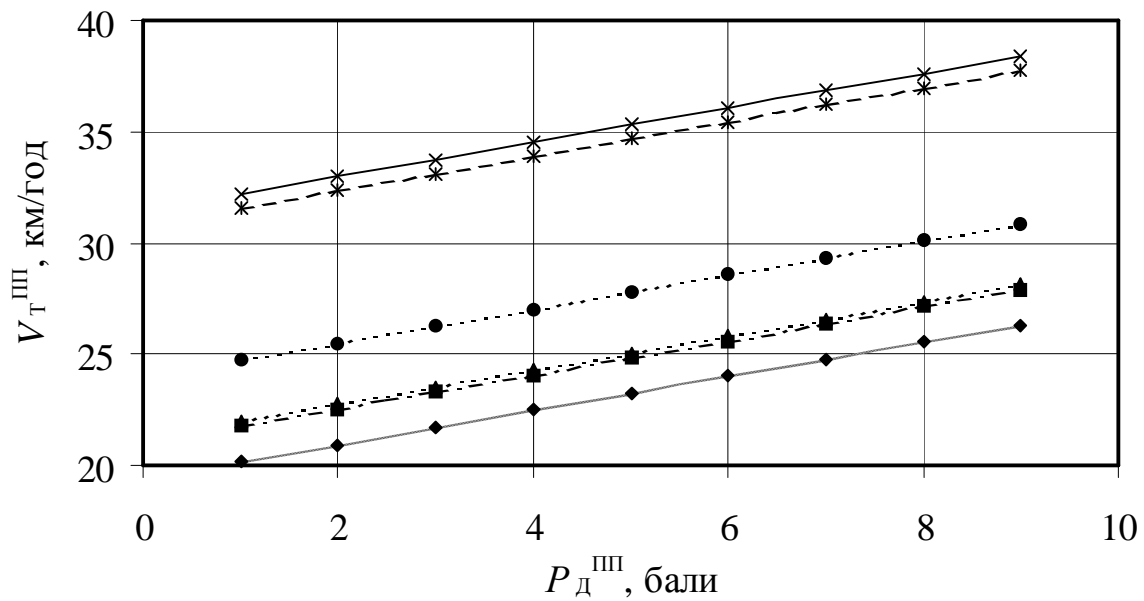


Рис. 2.9 – Зміна технічної швидкості автобусів на перегоні маршрутом при $L_{II} = 0,8$ км і $S_A = 1,5$ року:

$\cdots \blacklozenge \cdots$ – Ікарус-280; $\cdots \times \cdots$ – Mazda-E2200; $\cdots \blacksquare \cdots$ – Ікарус-260;
 $\cdots * \cdots$ – Газель-32213; $\cdots \blacktriangle \cdots$ – ЛАЗ-695Н; $\cdots \bullet \cdots$ – Volvo-B10M.

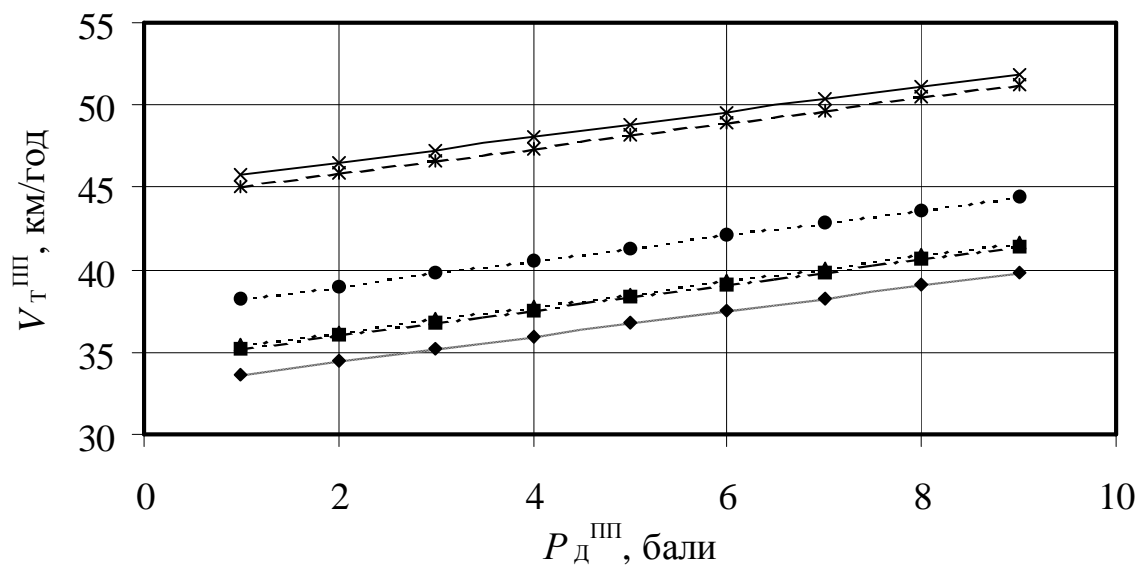


Рис. 2.10 – Зміна технічної швидкості автобусів на перегоні маршрутом при $L_{II} = 0,8$ км і $S_A = 38$ років:

$\cdots \blacklozenge \cdots$ – Ікарус-280; $\cdots \times \cdots$ – Mazda-E2200; $\cdots \blacksquare \cdots$ – Ікарус-260;
 $\cdots * \cdots$ – Газель-32213; $\cdots \blacktriangle \cdots$ – ЛАЗ-695Н; $\cdots \bullet \cdots$ – Volvo-B10M.

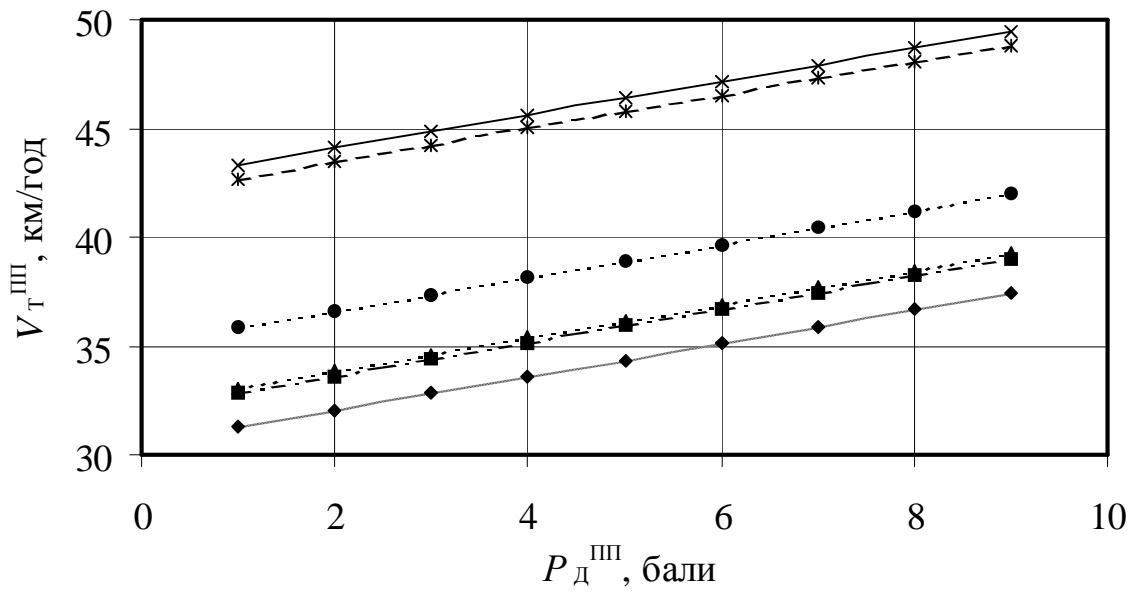


Рис. 2.11 – Зміна технічної швидкості автобусів на перегоні маршрутом при $L_{II} = 1,5$ км і $S_A = 1,5$ року:

.....◆..... – Ікарус-280; —×— – Mazda-E2200; -■- - Ікарус-260;
 - * - – Газель-32213; ...▲... – ЛАЗ-695Н; ...●... – Volvo-B10M.

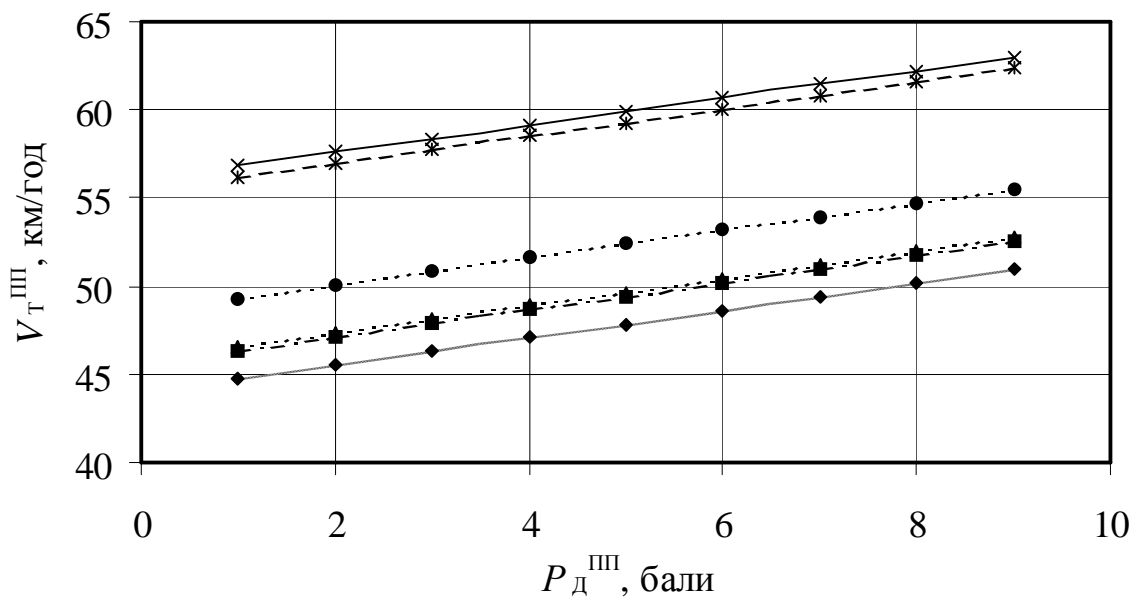


Рис. 2.12 – Зміна технічної швидкості автобусів на перегоні маршрутом при $L_{II} = 1,5$ км і $S_A = 38$ років:

.....◆..... – Ікарус-280; —×— – Mazda-E2200; -■- - Ікарус-260;
 - * - – Газель-32213; ...▲... – ЛАЗ-695Н; ...●... – Volvo-B10M.

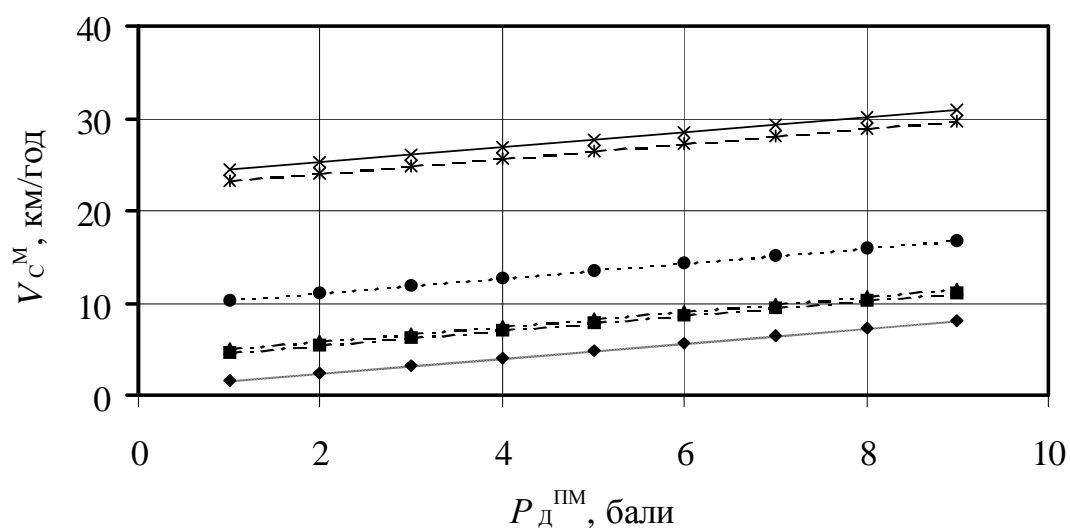


Рис. 2.13 – Зміна швидкості сполучення автобуса маршрутом при

$L_M^{\Pi} = 5$ км і $S_A = 1,5$ року:

$\cdots \blacklozenge \cdots$ – Ікарус-280; $\text{---} \times \text{---}$ – Mazda-E2200; $\text{---} \blacksquare \text{---}$ – Ікарус-260;
 $\text{---} * \text{---}$ – Газель-32213; $\cdots \blacktriangle \cdots$ – ЛАЗ-695Н; $\cdots \bullet \cdots$ – Volvo-B10M.

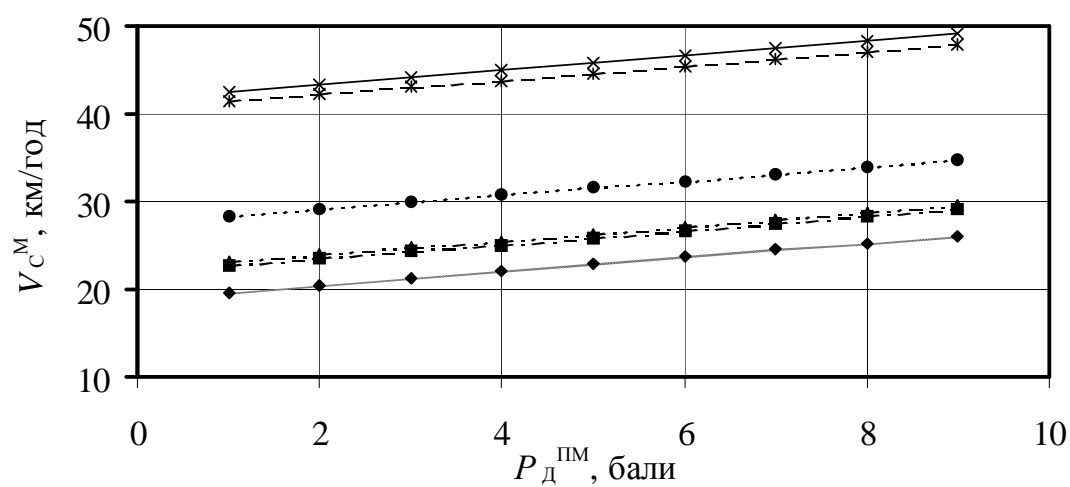


Рис. 2.14 – Зміна швидкості сполучення автобуса маршрутом при

$L_M^{\Pi} = 5$ км і $S_A = 38$ років:

$\cdots \blacklozenge \cdots$ – Ікарус-280; $\text{---} \times \text{---}$ – Mazda-E2200; $\text{---} \blacksquare \text{---}$ – Ікарус-260;
 $\text{---} * \text{---}$ – Газель-32213; $\cdots \blacktriangle \cdots$ – ЛАЗ-695Н; $\cdots \bullet \cdots$ – Volvo-B10M.

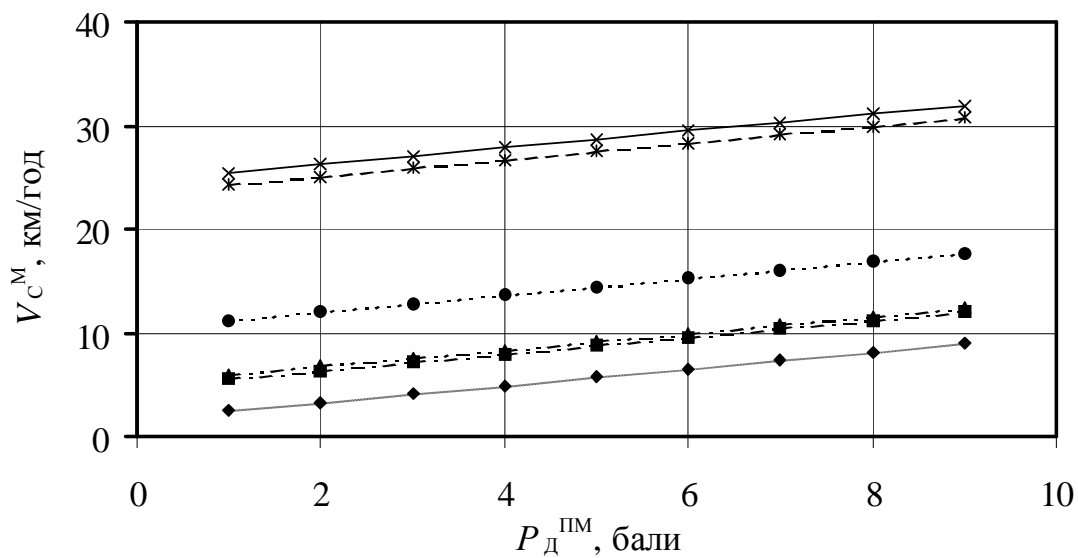


Рис. 2.15 – Зміна швидкості сполучення автобуса маршрутом при

$L_M^{\text{П}} = 10$ км і $S_A = 1,5$ року:

$\cdots \blacklozenge \cdots$ – Ікарус-280; $\cdots \times \cdots$ – Mazda-E2200; $\cdots \blacksquare \cdots$ – Ікарус-260;
 $\cdots * \cdots$ – Газель-32213; $\cdots \blacktriangle \cdots$ – ЛАЗ-695Н; $\cdots \bullet \cdots$ – Volvo-B10M.

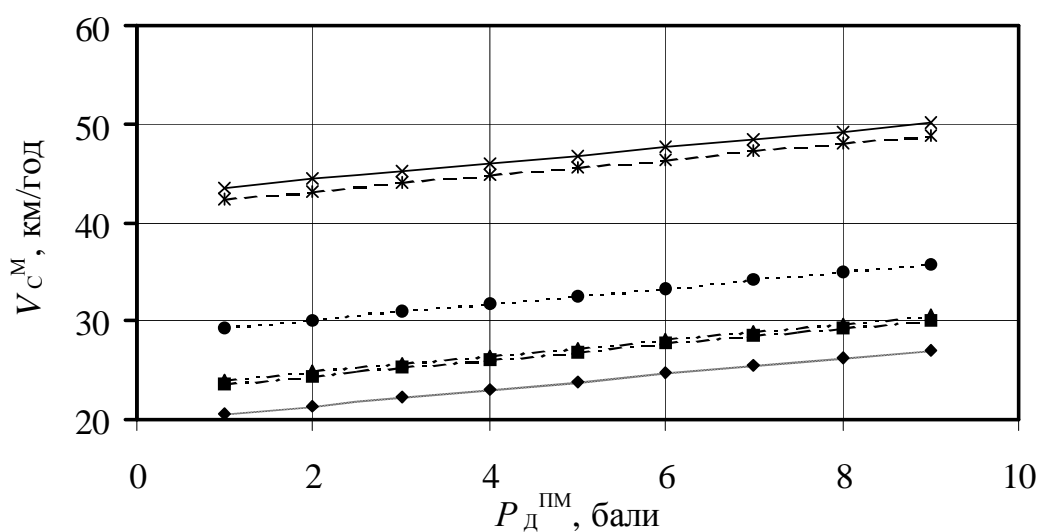


Рис. 2.16 – Зміна швидкості сполучення автобуса маршрутом при

$L_M^{\text{П}} = 10$ км і $S_A = 38$ років:

$\cdots \blacklozenge \cdots$ – Ікарус-280; $\cdots \times \cdots$ – Mazda-E2200; $\cdots \blacksquare \cdots$ – Ікарус-260;
 $\cdots * \cdots$ – Газель-32213; $\cdots \blacktriangle \cdots$ – ЛАЗ-695Н; $\cdots \bullet \cdots$ – Volvo-B10M.

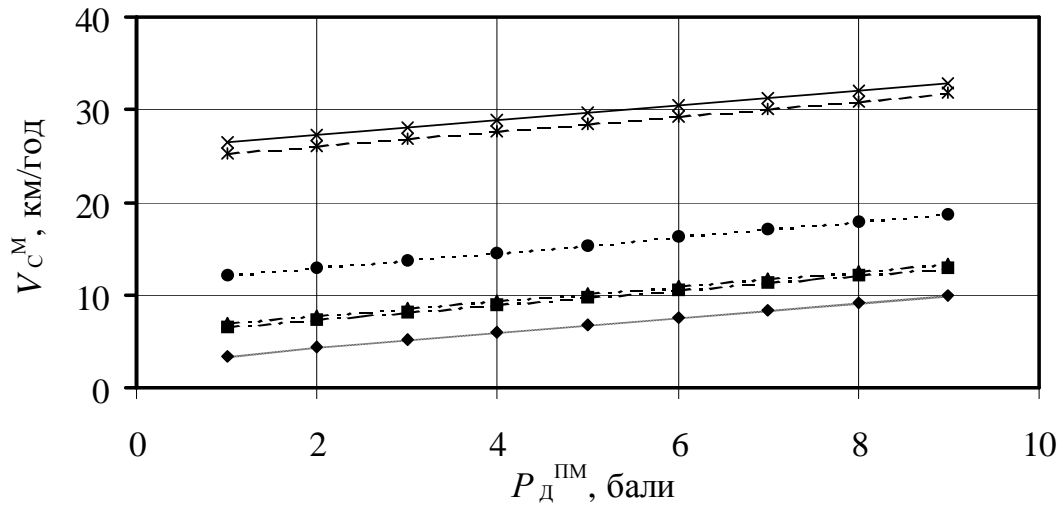


Рис. 2.17 – Зміна швидкості сполучення автобуса маршрутом при

$L_M^{\Pi} = 15$ км і $S_A = 1,5$ року:

$\cdots \blacklozenge \cdots$ – Ікарус-280; $\cdots \times \cdots$ – Mazda-E2200; $\cdots \blacksquare \cdots$ – Ікарус-260;
 $\cdots * \cdots$ – Газель-32213; $\cdots \blacktriangle \cdots$ – ЛАЗ-695Н; $\cdots \bullet \cdots$ – Volvo-B10M.

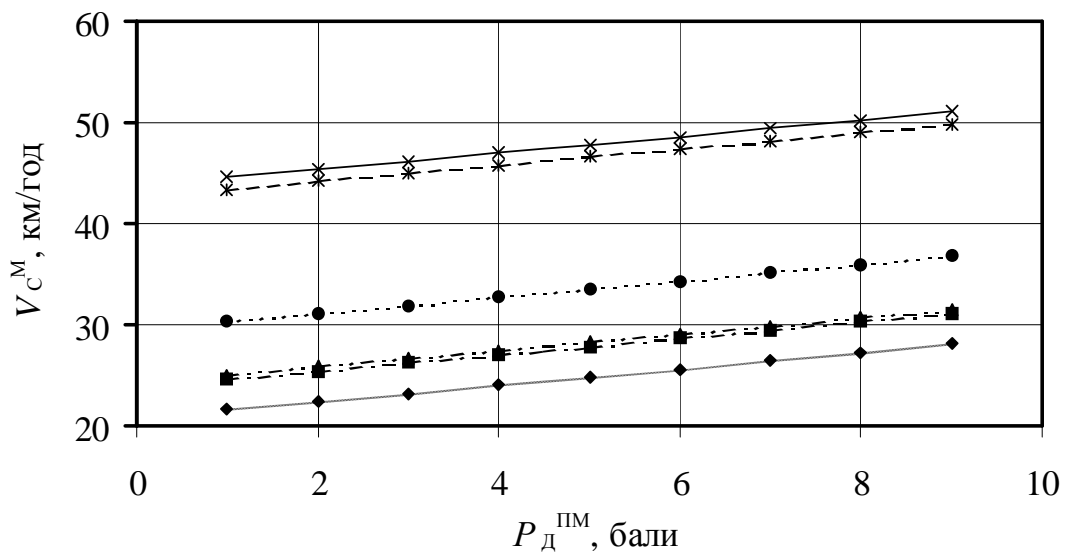


Рис. 2.18 – Зміна швидкості сполучення автобуса маршрутом при

$L_M^{\Pi} = 15$ км і $S_A = 38$ років:

$\cdots \blacklozenge \cdots$ – Ікарус-280; $\cdots \times \cdots$ – Mazda-E2200; $\cdots \blacksquare \cdots$ – Ікарус-260;
 $\cdots * \cdots$ – Газель-32213; $\cdots \blacktriangle \cdots$ – ЛАЗ-695Н; $\cdots \bullet \cdots$ – Volvo-B10M.

- на швидкість транспортних засобів впливає значення показника активності регуляторних систем водія. Однак, підвищення швидкості за рахунок збільшення показника активності регуляторних систем водія є недоцільним унаслідок підвищення імовірності виникнення дорожньо-транспортних пригод.

2.3.2. Планування параметрів транспортного процесу з урахуванням стану організму водія

2.3.2.1. Параметри руху транспортних засобів маршрутом

Як показали результати проведених досліджень, параметри технологічного процесу перевезення пасажирів впливають на стан водія транспортного засобу. Внаслідок цього, при плануванні технологічного процесу необхідно враховувати стан водія.

Для дослідження взаємозв'язку показника активності регуляторних систем водія і параметрів руху перегonom маршруту був побудований характеристичний графік, що наведений на рис. 2.19. Аналіз графіка дозволяє дійти висновку, що найбільший вплив на значення показника активності регуляторних систем водія після руху перегonom маршруту має його вихідне значення. Зі збільшенням довжини транспортного засобу ускладнюються умови маневрування в транспортному потоці. Це призводить до збільшення напруги організму водія. Ергономічні якості транспортного засобу, що оцінюються відношенням його первісної вартості до номінальної місткості, знижують напругу регуляторних систем організму водія. Час руху перегonom збільшує показник активності регуляторних систем після проходження ділянки, тому що він визначає тривалість періоду часу, протягом якого на водія впливають зовнішні фактори. На зміну стану водія впливає вік, що визначає функціональні можливості його організму. Однак, при виконанні своїх професійних функцій на зміну стану організму водія впливає його досвід водіння

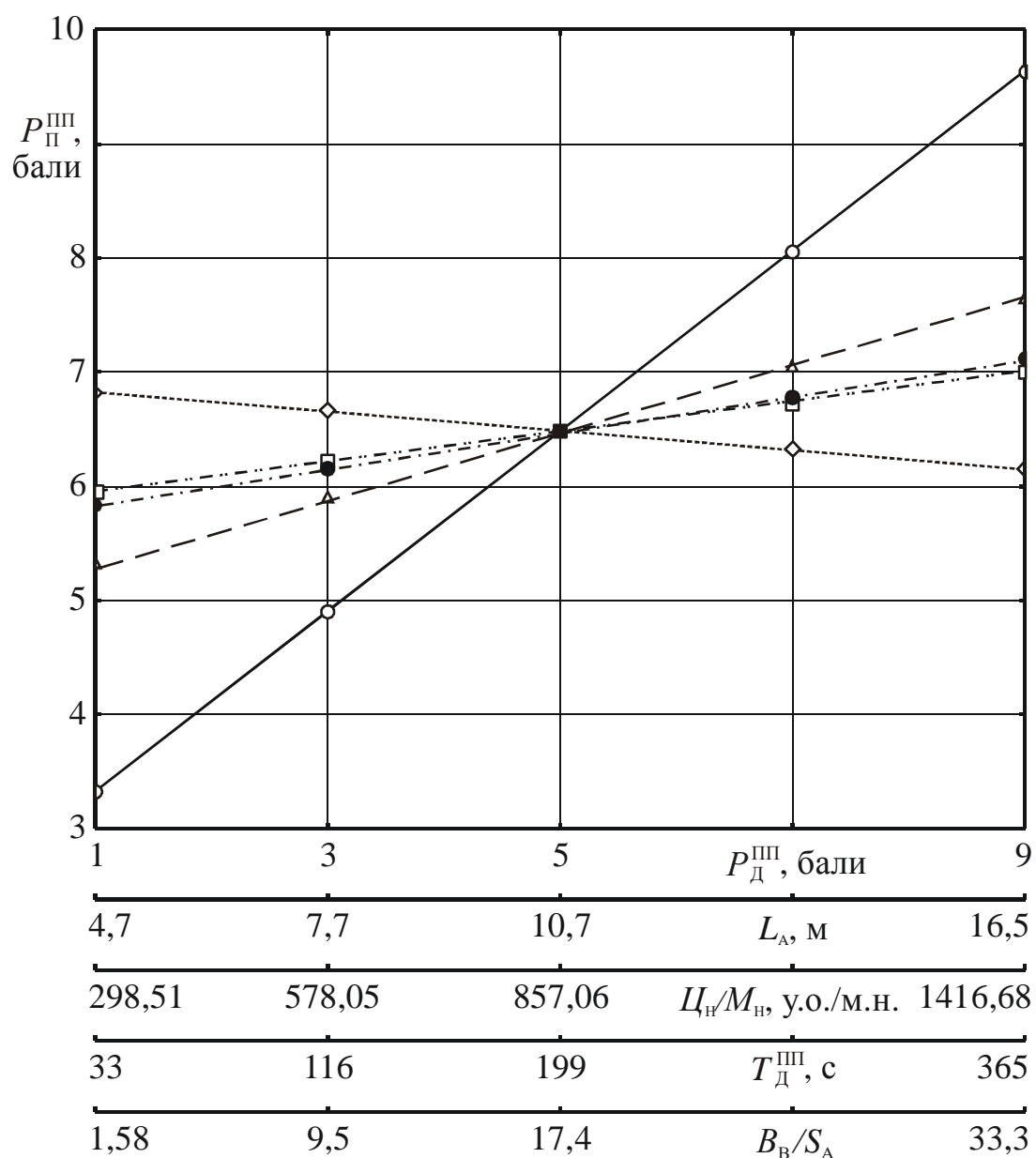


Рис. 2.19 – Характеристичний графік показника активності регуляторних систем водія після руху перегоню маршруту:

$\text{—}\bigcirc\text{—}$ — P_D^{III} ; $\text{--}\square\text{--}$ — L_A ; $\text{---}\diamond\text{---}$ — U_H/M_H ;

$\text{--}\triangle\text{--}$ — T_D^{III} ; $\text{--}\bullet\text{--}$ — B_B/S_A .

транспортних засобів для перевезення пасажирів. Ці два показники впливають на зміну стану водія. Причому спрямованість їхнього впливу протилежна. Зі збільшенням віку організм людини втомлюється більше при навантаженнях. При збільшенні стажу роботи спостерігається зворотна залежність. З його збільшенням зростає майстерність водія, і він витрачає менше зусиль на керування транспортним засобом. Дослідження показали, що найбільш значимим виявляється відношення віку водія до стажу роботи на автобусі, яке відбиває фізичну сутність впливу цих показників на стан водія.

Для оцінки спільного впливу різних факторів на значення показника активності регуляторних систем водія були побудовані графіки його зміни, що наведені на рис. 2.20 - 2.25.

Виходячи з аналізу графіків можна зробити наступні висновки:

- необхідно контролювати стан водія перед початком руху, тому що надмірна стомлюваність водія може різко знизити безпеку руху;
- для зменшення стомлюваності водія бажано використовувати на маршрутах автобуси з невеликими габаритними розмірами і з високими ергономічними показниками;
- при організації маршрутів доцільно траси маршрутів прокладати таким чином, щоб забезпечити мінімальний час руху;
- доцільно залучати для роботи на маршрутах водіїв з великим стажем роботи на пасажирському транспорті або, якщо це не є можливим, регулювати стан водіїв у процесі роботи.

Характеристичний графік зміни показника активності регуляторних систем водія під час руху маршрутом наведений на рис. 2. 26.

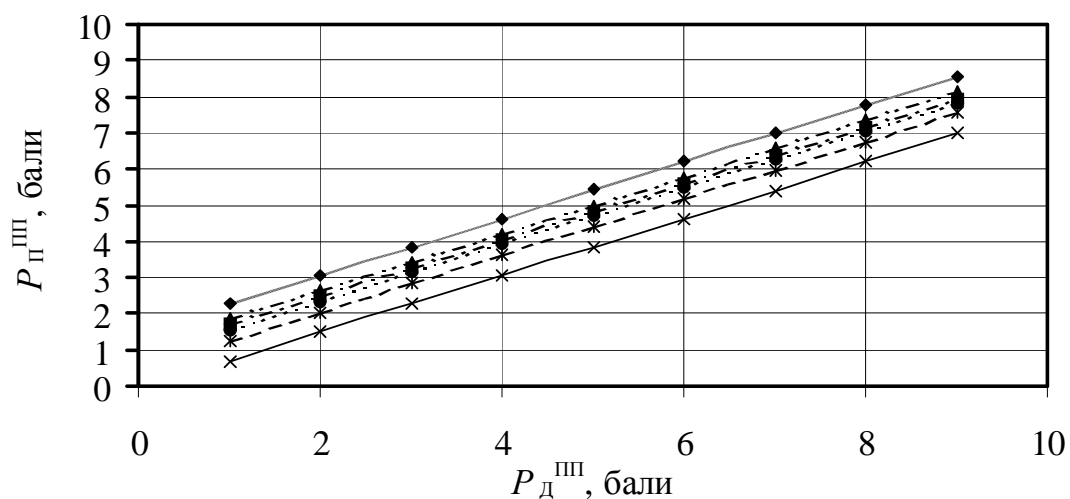


Рис. 2.20 – Зміна показника активності регуляторних систем водія після руху перегonom маршруту при $L_{П} = 0,4$ км і $B_{В}/S_{А} = 1,5$:

$\cdots \blacklozenge \cdots$ – Ікарус-280; $\text{---} \times \text{---}$ – Mazda-E2200; $\text{---} \blacksquare \text{---}$ – Ікарус-260;
 $\text{---} * \text{---}$ – Газель-32213; $\cdots \blacktriangle \cdots$ – ЛАЗ-695Н; $\cdots \bullet \cdots$ – Volvo-B10M.

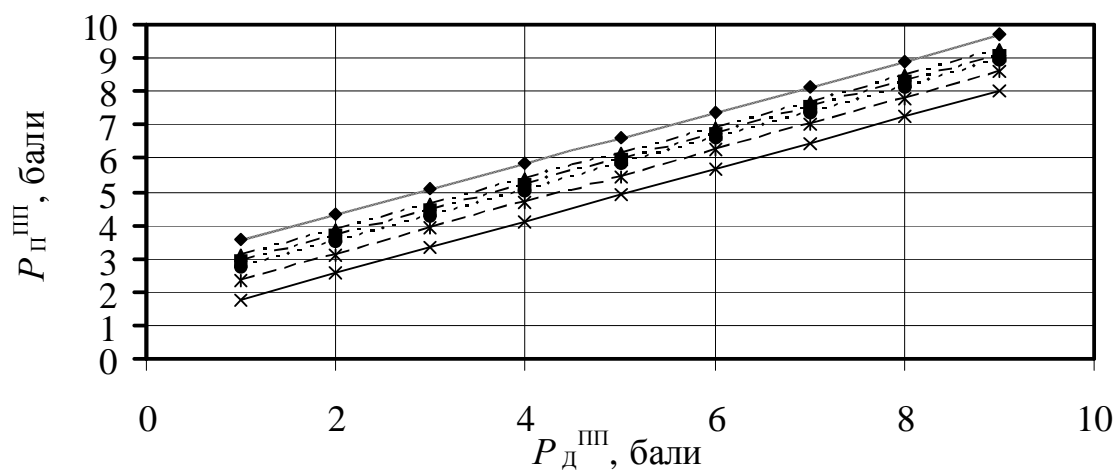


Рис. 2.21 – Зміна показника активності регуляторних систем водія після руху перегonom маршруту при $L_{П} = 0,4$ км і $B_{В}/S_{А} = 25$:

$\cdots \blacklozenge \cdots$ – Ікарус-280; $\text{---} \times \text{---}$ – Mazda-E2200; $\text{---} \blacksquare \text{---}$ – Ікарус-260;
 $\text{---} * \text{---}$ – Газель-32213; $\cdots \blacktriangle \cdots$ – ЛАЗ-695Н; $\cdots \bullet \cdots$ – Volvo-B10M.

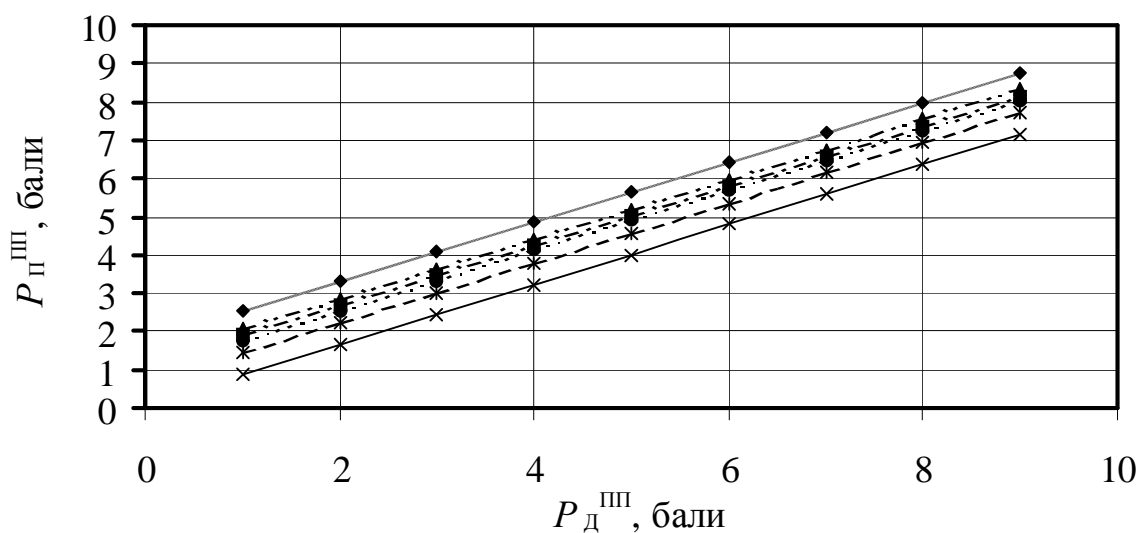


Рис. 2.22 – Зміна показника активності регуляторних систем водія після руху перегonom маршруту при $L_{П} = 0,8$ км і $B_{В}/S_{А} = 1,5$:

$\cdots \blacklozenge \cdots$ – Ікарус-280; $\cdots \times \cdots$ – Mazda-E2200; $\cdots \blacksquare \cdots$ – Ікарус-260;
 $\cdots * \cdots$ – Газель-32213; $\cdots \blacktriangle \cdots$ – ЛАЗ-695Н; $\cdots \bullet \cdots$ – Volvo-B10M.

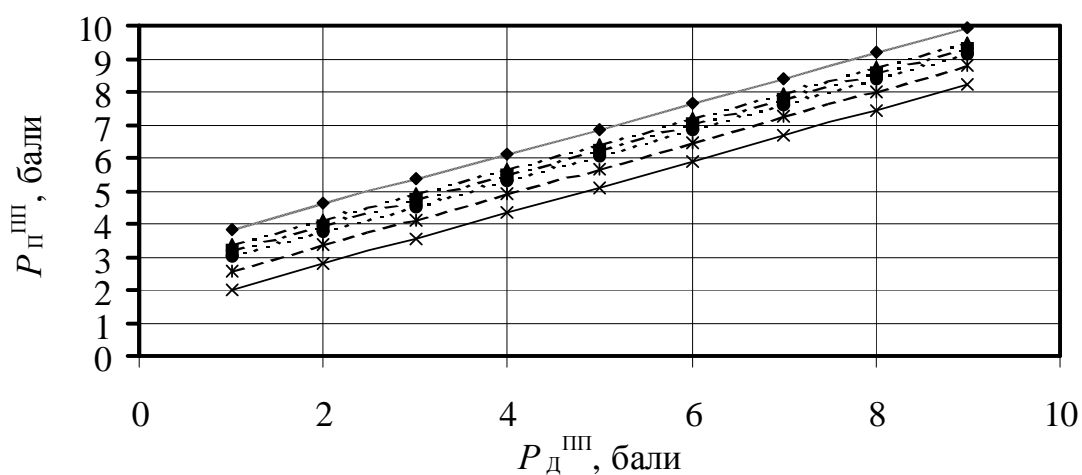


Рис. 2.23 – Зміна показника активності регуляторних систем водія після руху перегonom маршруту при $L_{П} = 0,8$ км і $B_{В}/S_{А} = 25$:

$\cdots \blacklozenge \cdots$ – Ікарус-280; $\cdots \times \cdots$ – Mazda-E2200; $\cdots \blacksquare \cdots$ – Ікарус-260;
 $\cdots * \cdots$ – Газель-32213; $\cdots \blacktriangle \cdots$ – ЛАЗ-695Н; $\cdots \bullet \cdots$ – Volvo-B10M.

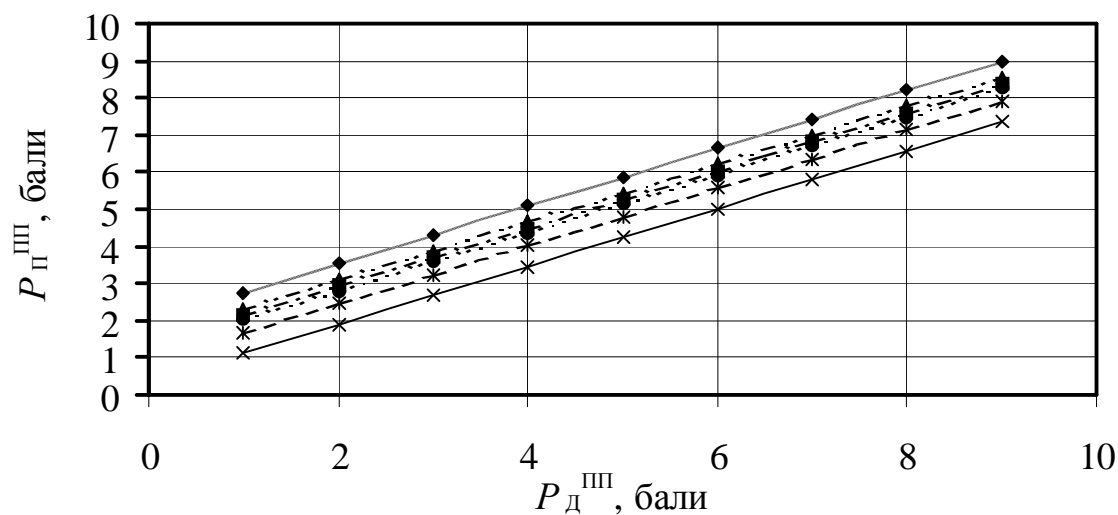


Рис. 2.24 – Зміна показника активності регуляторних систем водія після руху перегonom маршруту при $L_{П} = 1,5$ км і $B_{В}/S_{А} = 1,5$:

$\cdots \blacklozenge \cdots$ – Ікарус-280; $\cdots \times \cdots$ – Mazda-E2200; $\cdots \blacksquare \cdots$ – Ікарус-260;
 $\cdots * \cdots$ – Газель-32213; $\cdots \blacktriangle \cdots$ – ЛАЗ-695Н; $\cdots \bullet \cdots$ – Volvo-B10M.

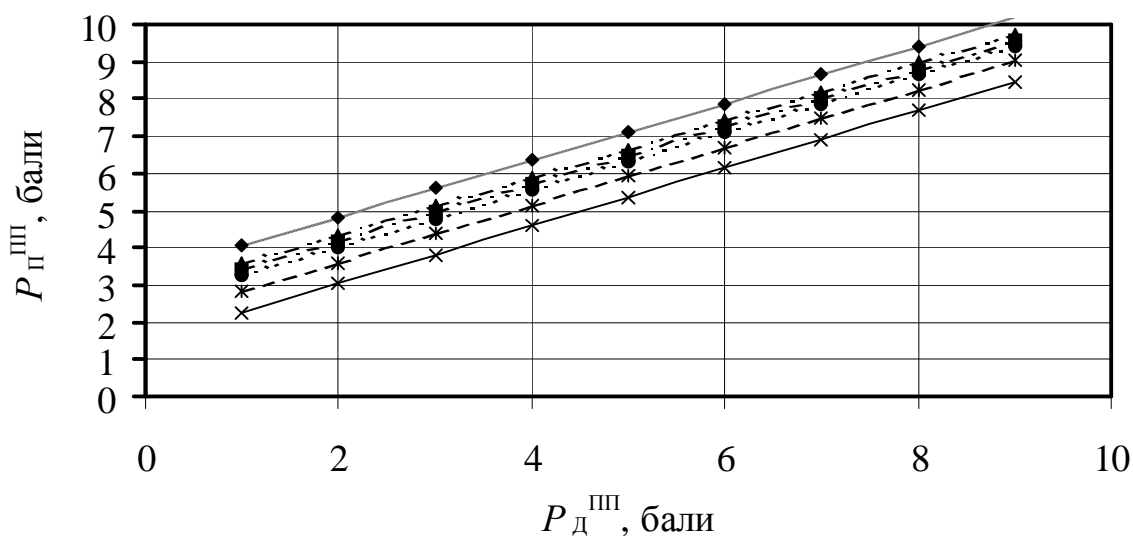


Рис. 2.25 – Зміна показника активності регуляторних систем водія після руху перегonom маршруту при $L_{П} = 1,5$ км і $B_{В}/S_{А} = 25$:

$\cdots \blacklozenge \cdots$ – Ікарус-280; $\cdots \times \cdots$ – Mazda-E2200; $\cdots \blacksquare \cdots$ – Ікарус-260;
 $\cdots * \cdots$ – Газель-32213; $\cdots \blacktriangle \cdots$ – ЛАЗ-695Н; $\cdots \bullet \cdots$ – Volvo-B10M.

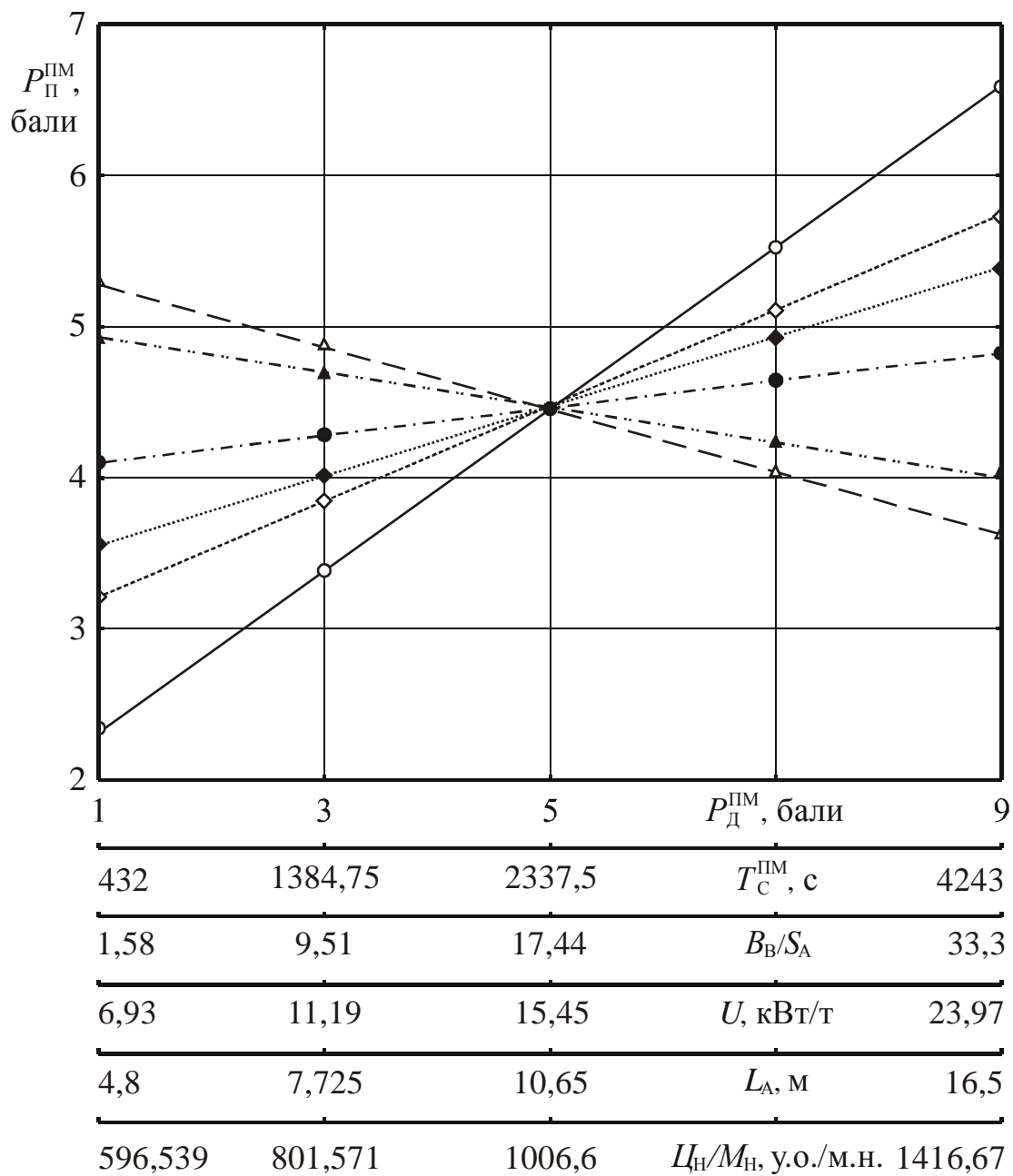


Рис. 2.26 – Характеристичний графік показника активності регуляторних систем водія під час руху маршрутом:

$\text{—}\bigcirc\text{—}$ – $P_Д^{\Pi M}$; $\text{---}\diamond\text{---}$ – $T_C^{\Pi M}$; $\text{---}\triangle\text{---}$ – $B_В/S_A$;
 $\text{---}\bullet\text{---}$ – U ; $\text{---}\blacklozenge\text{---}$ – L_A ; $\text{---}\blacktriangle\text{---}$ – \mathcal{U}_H/M_H .

Проаналізувавши його, можна зробити висновок, що вплив на стан водія усіх факторів аналогічний їх впливу на його стан під час руху перегonom. Додатковим фактором, що впливає на досліджувану величину, є питома потужність транспортного засобу. Ця особливість пов'язана з відмінностями в умовах руху перегonom і маршрутом. Під час руху маршрутом водій змушений змінювати режими руху біля кожного зупиночного пункту. З поліпшенням динамічних якостей транспортного засобу на виконання цих дій потрібно більше витрат праці водія, тому що він може вибирати більш швидкісні режими руху.

Для аналізу спільного впливу факторів на значення показника активності регуляторних систем водія був проведений аналіз його зміни після проходження маршруту. На рис. 2.27 - 2.32 представлені залежності показника активності регуляторних систем водія після руху маршрутом від його значення перед початком руху. Аналіз представлених залежностей підтверджують висновки, зроблені при аналізі зміни стану водія під час руху перегonom маршруту.

Крім того, графіки показують, що на зміну стану водія впливають також параметри маршруту, на якому він працює. Внаслідок цього, на маршрутах з різною довжиною доцільно використовувати різні технологічні параметри перевезення пасажирів.

2.3.2.2. Тривалість простоїв транспортних засобів на зупиночних пунктах

Характеристичний графік зміни показника активності регуляторних систем водія при простої на проміжному зупиночному пункті наведений на рис. 2.33.

Проаналізувавши його, можна зробити наступні висновки. Показник активності регуляторних систем перед простоєм на проміжній зупинці описує початковий стан водія і є визначальним для його стану після

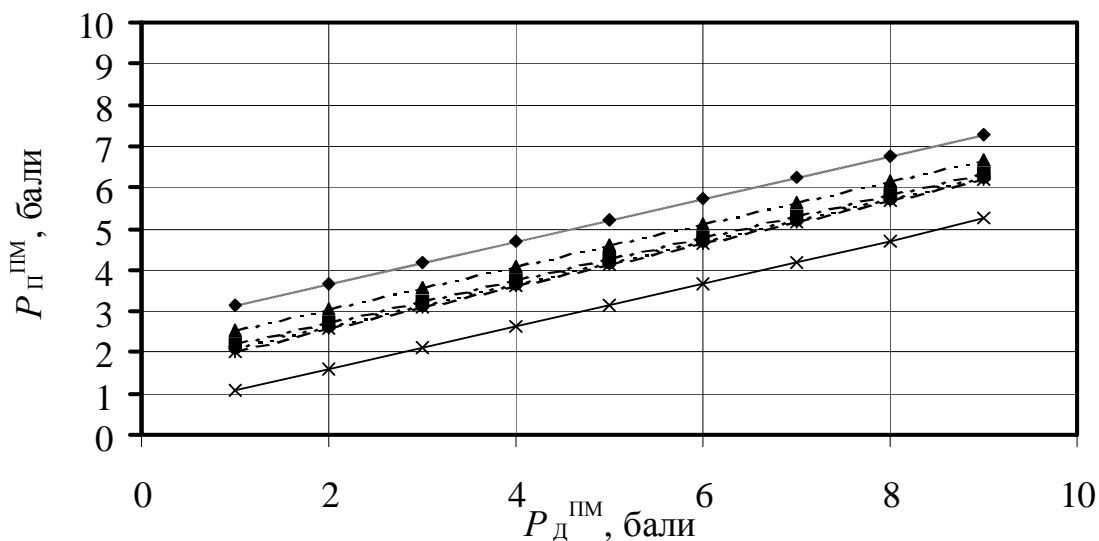


Рис. 2.27 – Зміна показника активності регуляторних систем водія після руху маршрутом при $L_{М}^{П} = 5$ км і $B_{В}/S_{А} = 1,5$:

$\cdots \blacklozenge \cdots$ – Ікарус-280; $\cdots \times \cdots$ – Mazda-E2200; $\cdots \blacksquare \cdots$ – Ікарус-260;
 $\cdots \ast \cdots$ – Газель-32213; $\cdots \blacktriangle \cdots$ – ЛАЗ-695Н; $\cdots \bullet \cdots$ – Volvo-B10M.

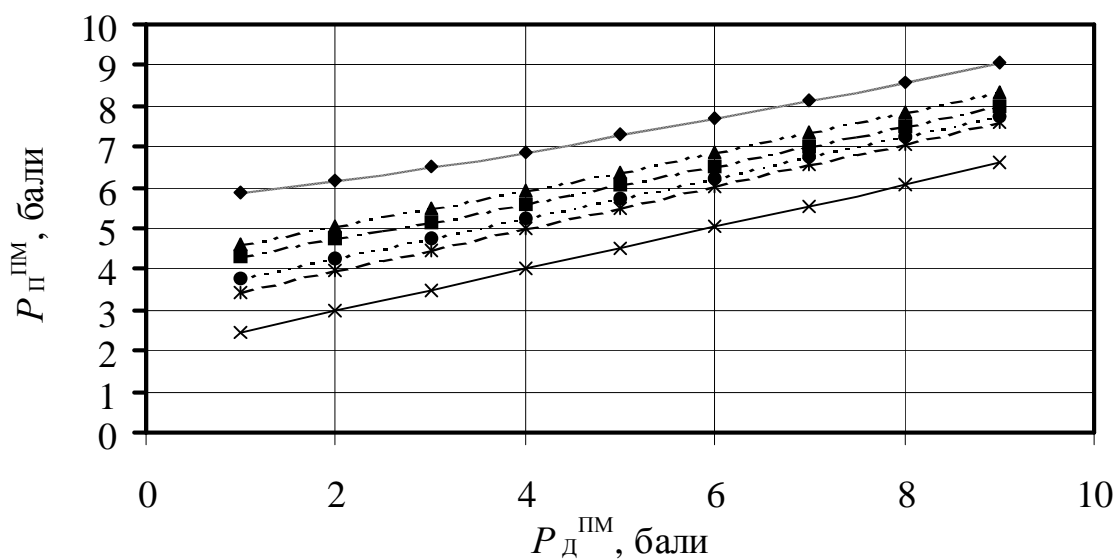


Рис. 2.28 – Зміна показника активності регуляторних систем водія після руху маршрутом при $L_{М}^{П} = 5$ км і $B_{В}/S_{А} = 25$:

$\cdots \blacklozenge \cdots$ – Ікарус-280; $\cdots \times \cdots$ – Mazda-E2200; $\cdots \blacksquare \cdots$ – Ікарус-260;
 $\cdots \ast \cdots$ – Газель-32213; $\cdots \blacktriangle \cdots$ – ЛАЗ-695Н; $\cdots \bullet \cdots$ – Volvo-B10M.

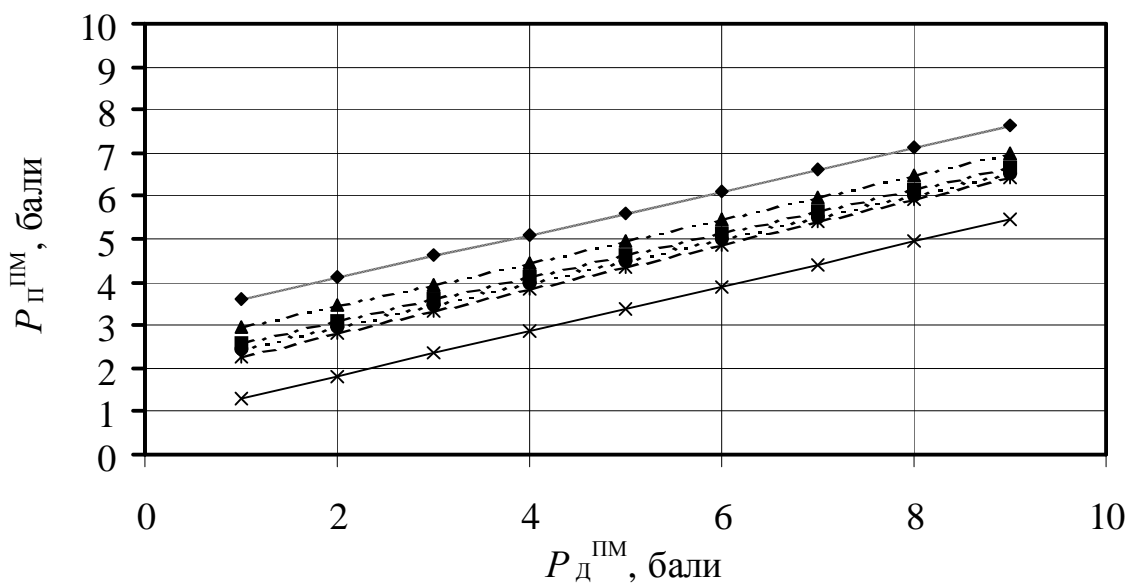


Рис. 2.29 – Зміна показника активності регуляторних систем водія після руху маршрутом при $L_M^П = 10$ км і $B_B/S_A = 1,5$:

$\cdots \blacklozenge \cdots$ – Ікарус-280; $\cdots \times \cdots$ – Mazda-E2200; $\cdots \blacksquare \cdots$ – Ікарус-260;
 $\cdots * \cdots$ – Газель-32213; $\cdots \blacktriangle \cdots$ – ЛАЗ-695Н; $\cdots \bullet \cdots$ – Volvo-B10M.

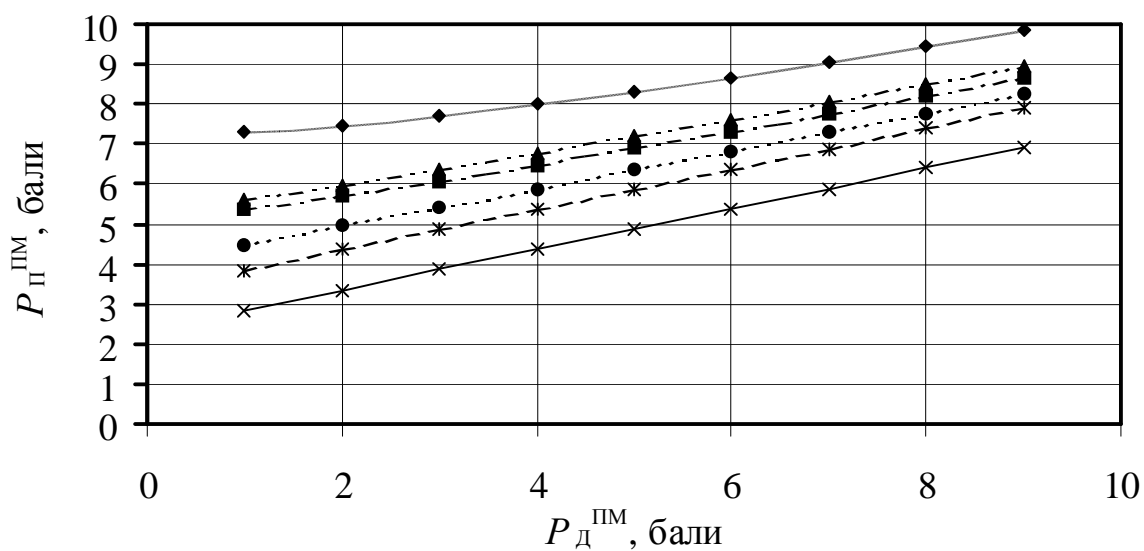


Рис. 2.30 – Зміна показника активності регуляторних систем водія після руху маршрутом при $L_M^П = 10$ км і $B_B/S_A = 25$:

$\cdots \blacklozenge \cdots$ – Ікарус-280; $\cdots \times \cdots$ – Mazda-E2200; $\cdots \blacksquare \cdots$ – Ікарус-260;
 $\cdots * \cdots$ – Газель-32213; $\cdots \blacktriangle \cdots$ – ЛАЗ-695Н; $\cdots \bullet \cdots$ – Volvo-B10M.

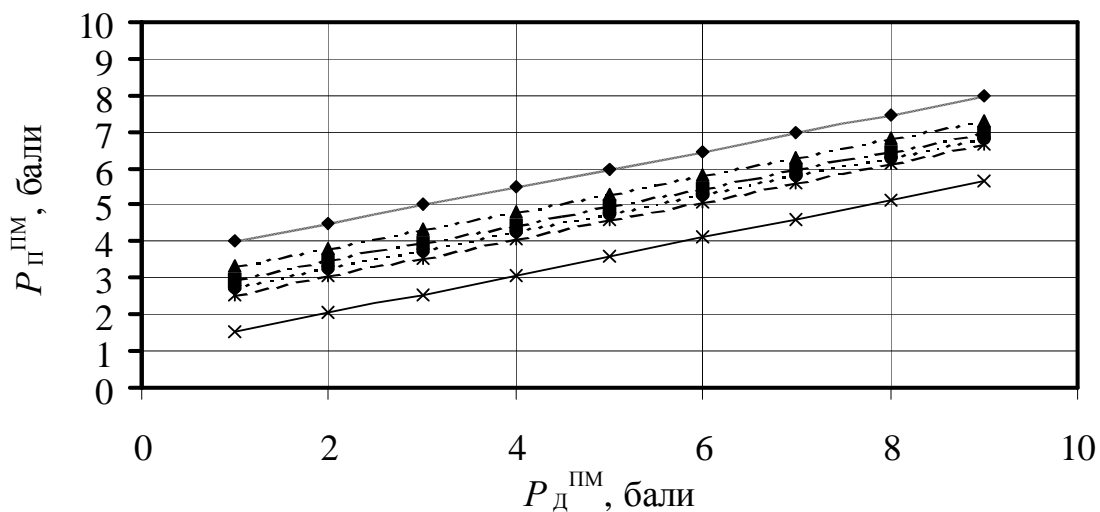


Рис. 2.31 – Зміна показника активності регуляторних систем водія після руху маршрутом при $L_M^П = 15$ км і $B_B/S_A = 1,5$:

$\cdots \blacklozenge \cdots$ – Ікарус-280; $\cdots \times \cdots$ – Mazda-E2200; $\cdots \blacksquare \cdots$ – Ікарус-260;
 $\cdots * \cdots$ – Газель-32213; $\cdots \blacktriangle \cdots$ – ЛАЗ-695Н; $\cdots \bullet \cdots$ – Volvo-B10M.

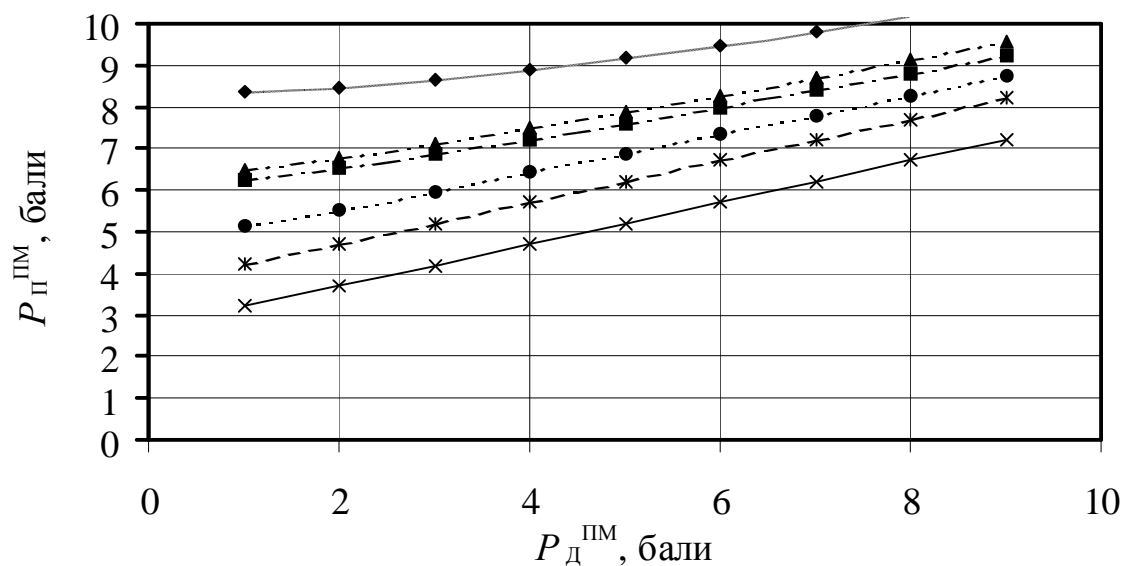


Рис. 2.32 – Зміна показника активності регуляторних систем водія після руху маршрутом при $L_M^П = 15$ км і $B_B/S_A = 25$:

$\cdots \blacklozenge \cdots$ – Ікарус-280; $\cdots \times \cdots$ – Mazda-E2200; $\cdots \blacksquare \cdots$ – Ікарус-260;
 $\cdots * \cdots$ – Газель-32213; $\cdots \blacktriangle \cdots$ – ЛАЗ-695Н; $\cdots \bullet \cdots$ – Volvo-B10M.

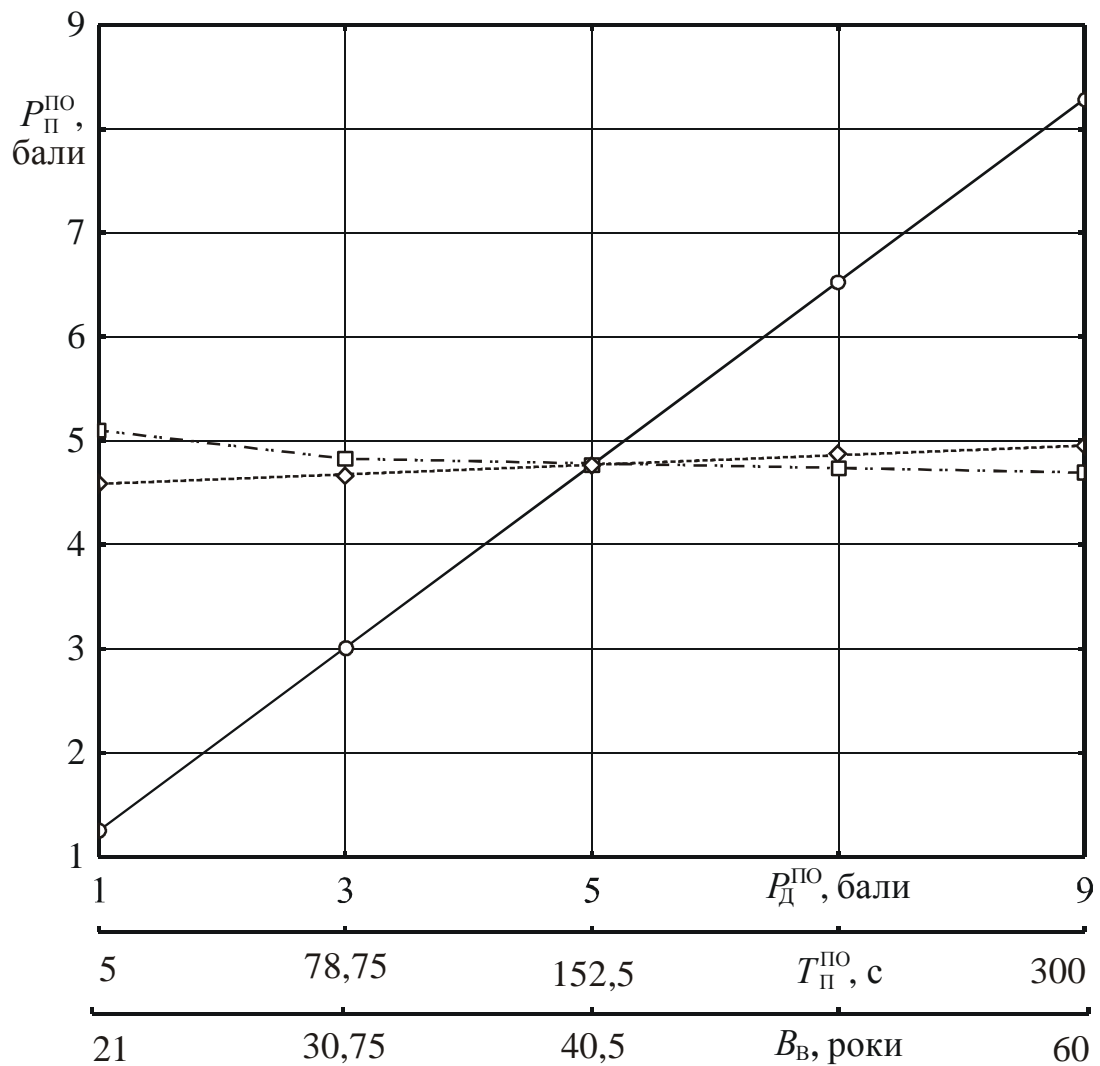


Рис. 2.33 – Характеристичний графік показника активності регуляторних систем водія при простої на проміжній зупинці маршруту:

—○— — $P_D^{\Pi O}$; - -□- - $T_{\Pi}^{\Pi O}$; ···◇··· — B_B .

простою. Чим більше вік водія, тим менше стабілізується його стан при відпочинку. Час простою зменшує значення показника активності регуляторних систем водія.

Для дослідження взаємозв'язку показника активності регуляторних систем водія і часу простою на кінцевій зупинці був також побудований характеристичний графік, що наведений на рис. 2.34.

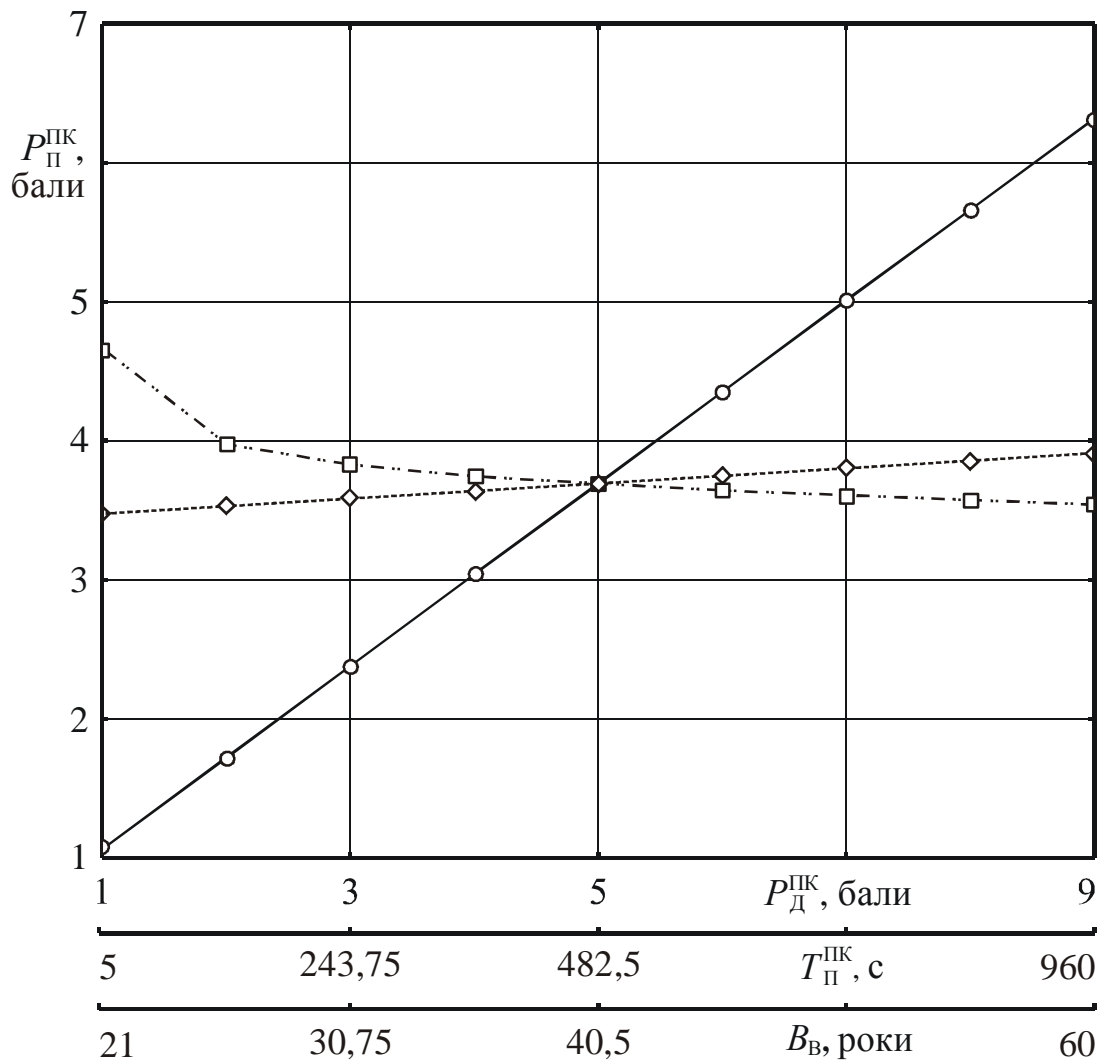


Рис. 2.34 – Характеристичний графік показника активності регуляторних систем водія при простої на кінцевому пункті маршруту:

—○— — $P_{Д}^{ПК}$; -□- - $T_{П}^{ПК}$; ···◇··· — $B_{В}$.

Як видно з цього графіка, час простою на кінцевій зупинці маршруту, аналогічно раніше описаній моделі, зменшує показник активності регуляторних систем водія після простою. Вік водія впливає на значення показника активності регуляторних систем водія після простою на кінцевій зупинці маршруту також аналогічно раніше наведеному опису.

2.3.2.3. Тривалість перерв водіїв

Характеристичний графік зміни показника активності регуляторних систем водія протягом перерви наведений на рис. 2.35.

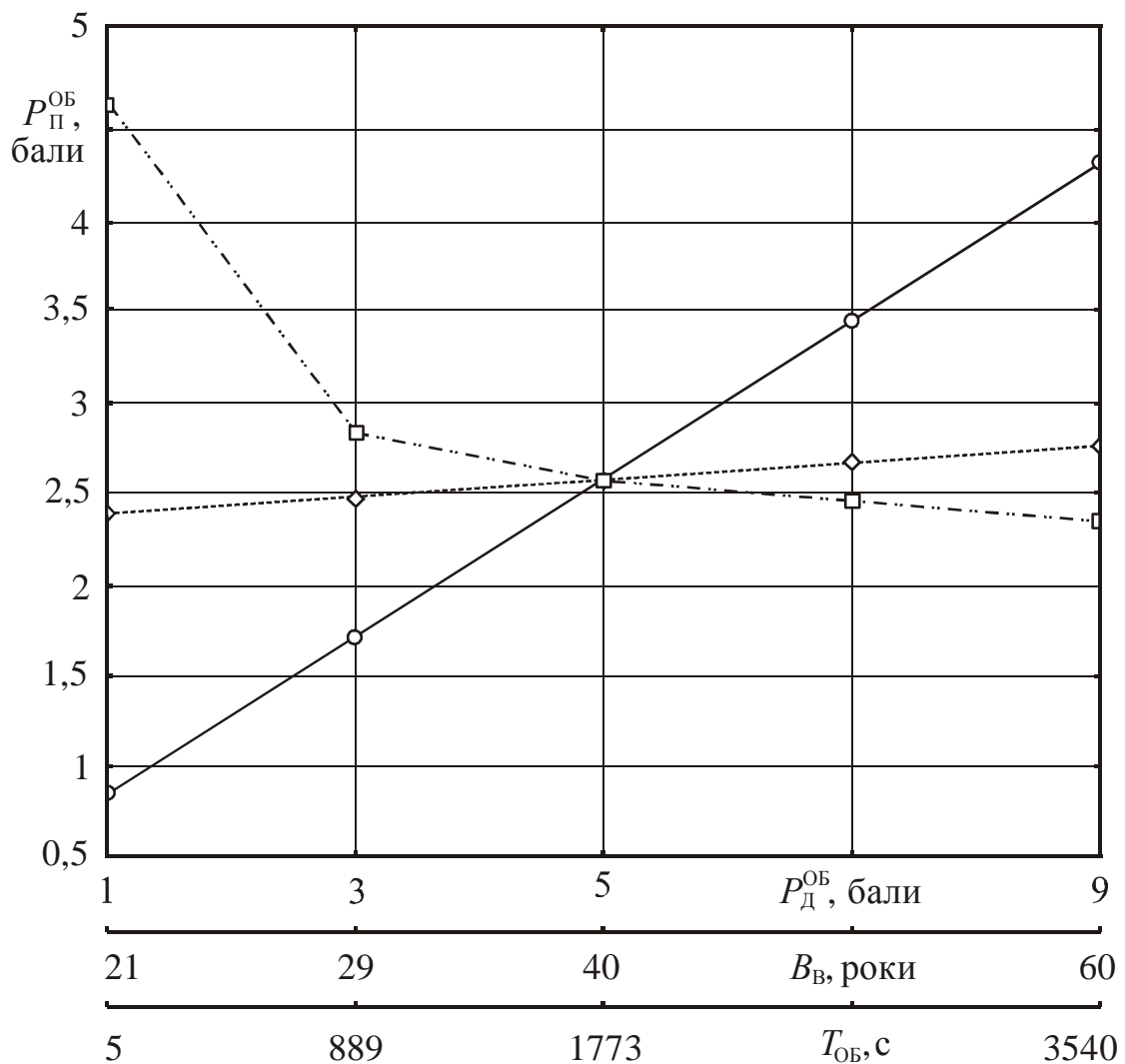


Рис. 2.35 – Характеристичний графік зміни показника активності регуляторних систем водія протягом перерви:

—○— — $P_{Д}^{ОБ}$; - -◇- - $B_{В}$; - -□- - $T_{ОБ}$.

Як видно з даного графіка, характер впливу усіх факторів аналогічний їхньому впливу при інших видах простою. Більш істотну зміну показника активності регуляторних систем водія можна пояснити великим часовим інтервалом перерви.

На основі розроблених моделей (2.3), (2.4), (2.7) був проведений аналіз зміни показника активності регуляторних систем водія після простоїв різного виду, графіки якого представлені на рис. 2.36 - 2.39.

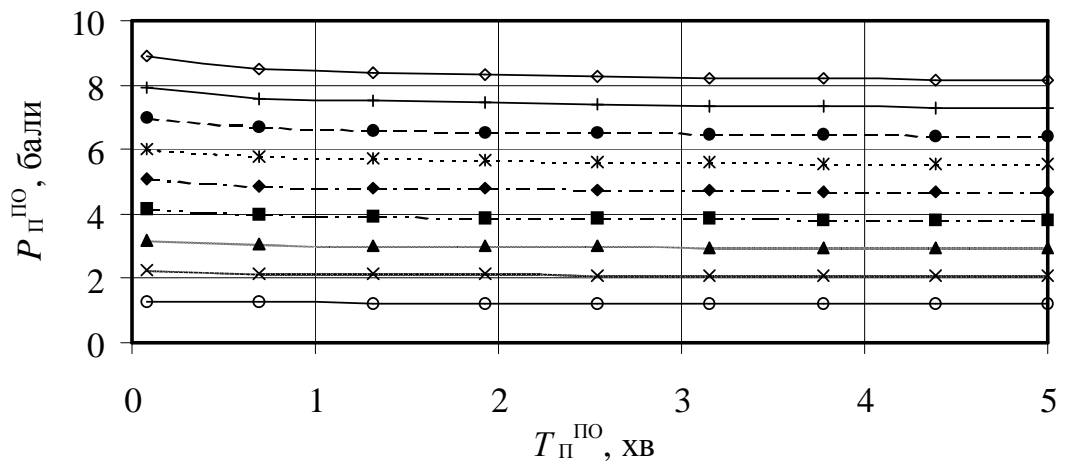


Рис. 2.36 – Графік зміни показника активності регуляторних систем водія під час простою на проміжній зупинці за різних його початкових значень:

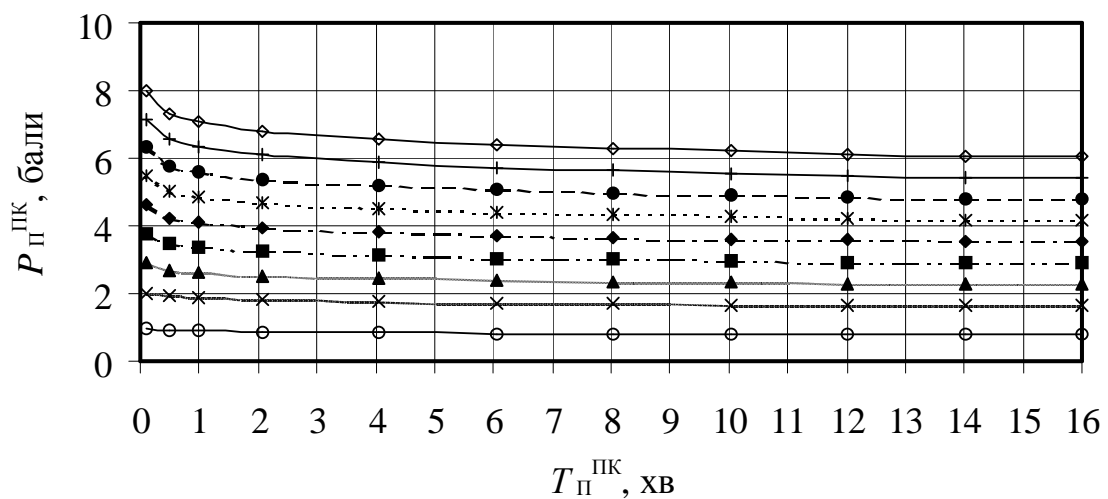
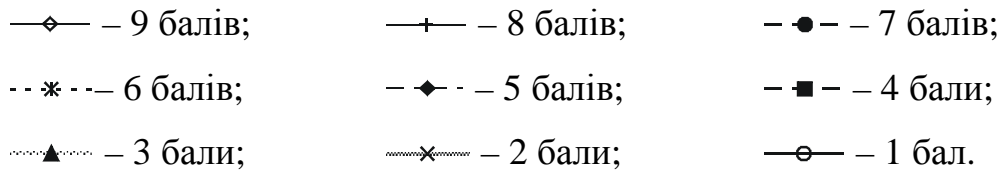
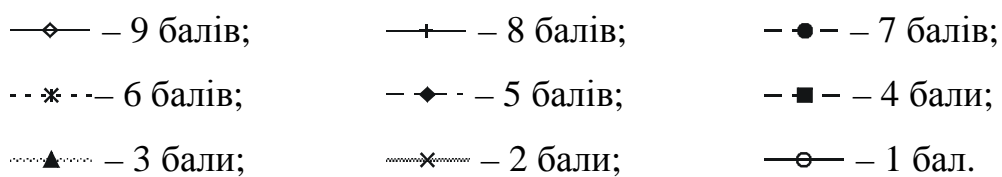


Рис. 2.37 – Графік зміни показника активності регуляторних систем водія під час простою на кінцевій зупинці за різних його початкових значень:



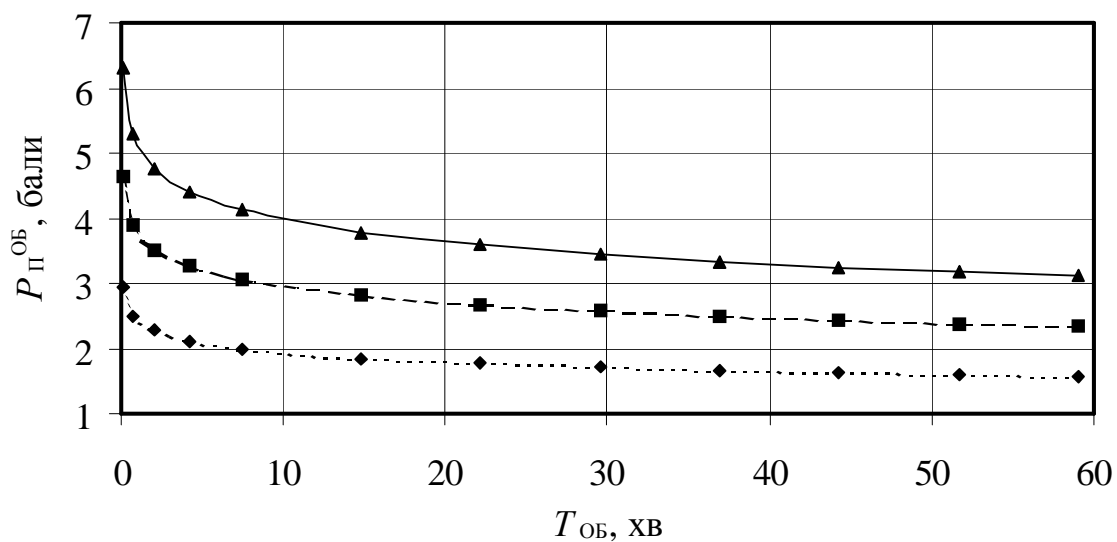


Рис. 2.38 – Графік зміни показника активності регуляторних систем водія під час простою на перерві за різних його початкових значень:

—▲— – 7 балів; –■– – 5 балів; - -◆- - – 3 бали.

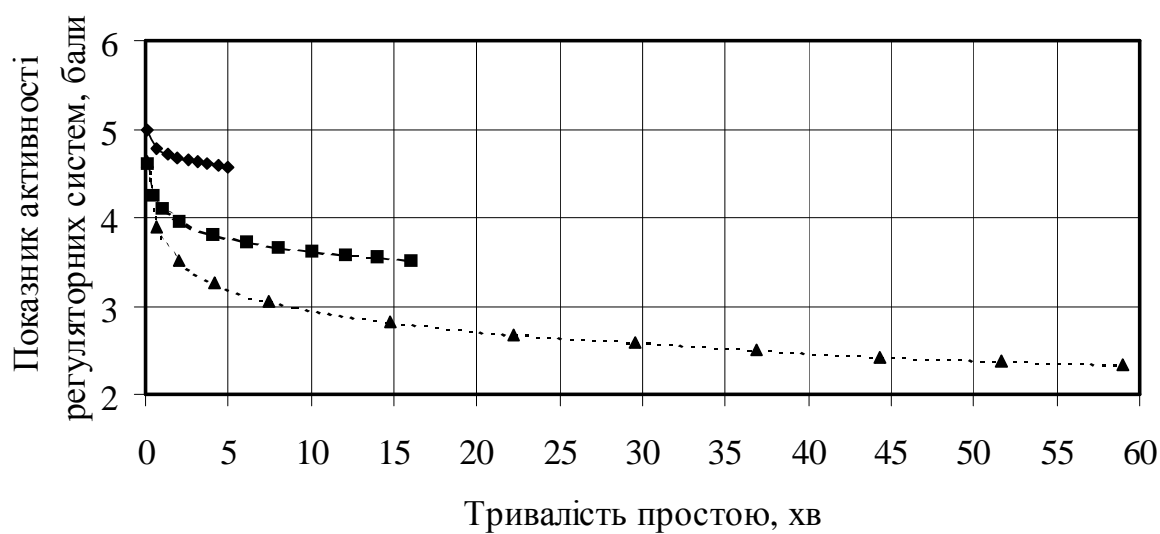


Рис. 2.39 – Порівняльна характеристика зміни стану водія з початковим значенням показника активності регуляторних систем, рівним 5 балам, при різних видах простою транспортних засобів:

—◆— – простій на проміжній зупинці;
 –■– – простій на кінцевій зупинці;
 - -▲- - – простій на перерві.

Проаналізувавши їх, можна зробити наступні висновки.

При простої на проміжній зупинці можливе не тільки зниження, але і збільшення напруження водія. Це пов'язано з тим, що на зупиночних пунктах водій стежить за посадкою і висадкою пасажирів, що призводить до збільшення напруги його організму. Якщо при прибутті на зупинку напруга організму велика, то простій призводить до її зниження.

На кінцевій зупинці відбувається зниження показника активності регуляторних систем водія. Інтенсивність зниження обернено-пропорційна значенню показника активності регуляторних систем водія перед початком простою. Таким чином, впливати на стан водія протягом робочого дня можливо за рахунок зміни тривалості простою на кінцевому пункті.

При перерві спостерігається ще більш інтенсивне зниження напруги організму водія. Причому, ця залежність має нелінійний характер. Інтенсивність зниження напруженості організму водія висока протягом перших 15 хвилин відпочинку. Внаслідок цього, мінімальна тривалість обідньої перерви повинна складати 20 хвилин. При перерві більше 30 хвилин істотна зміна стану водія не спостерігається.

Порівняльний аналіз зміни стану водія при різних видах простою показує порівнянність результатів досліджень. Вид простою, зумовлений технологічними особливостями, визначає інтенсивність зміни стану водія.

2.3.3. Рекомендації з організації роботи водія на маршруті

Для аналізу зміни стану водія протягом робочого дня був розроблений характеристичний графік, що наведений на рис. 2.40. Як видно з цього графіка, показник активності регуляторних систем перед початком роботи, що описує початковий стан водія, визначає його стан після закінчення робочого дня. Довжина маршруту зменшує показник активності регуляторних систем після закінчення роботи.

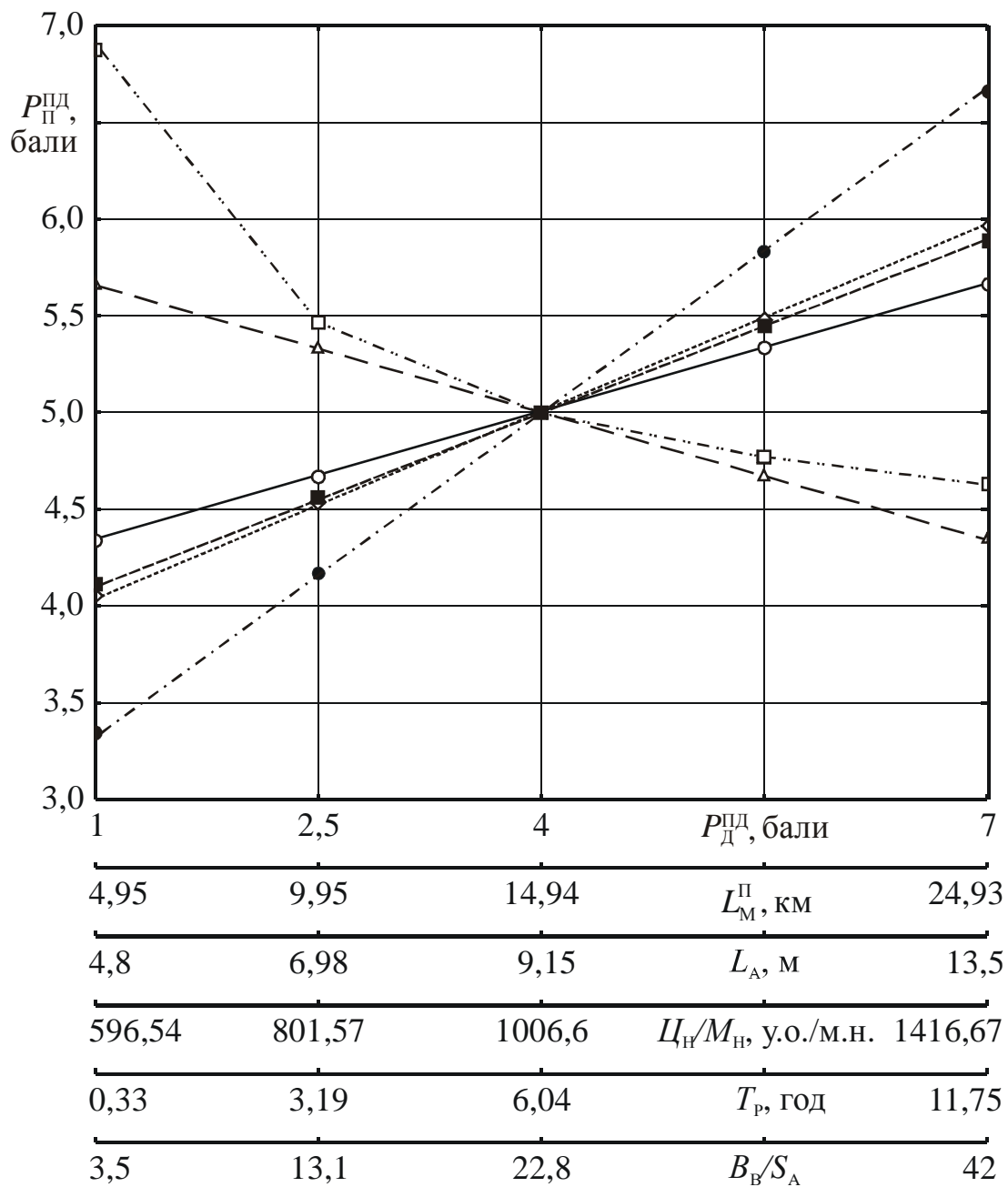


Рис. 2.40 – Характеристичний графік показника активності регуляторних систем водія протягом робочого дня:

$\text{—}\bigcirc\text{—}$ — $P_{\text{Д}}^{\text{ПД}}$; $\text{--}\square\text{--}$ — $L_{\text{М}}^{\text{П}}$; $\text{---}\diamond\text{---}$ — $L_{\text{А}}$;
 $\text{--}\triangle\text{--}$ — $\text{Ц}_{\text{Н}}/\text{М}_{\text{Н}}$; $\text{--}\bullet\text{--}$ — $T_{\text{р}}$; $\text{--}\blacksquare\text{--}$ — $B_{\text{В}}/S_{\text{А}}$.

При роботі на маршрутах з невеликою довжиною збільшується монотонність роботи водія. Раніше проведені дослідження [52] показали, що монотонність роботи є однією з причин стомлення водія. Вплив довжини автобуса, відношення вартості нового автобуса до номінальної місткості, відношення віку водія до стажу роботи на автобусі аналогічні впливу цих факторів на досліджувану змінну при проходженні перегону і маршруту. Зі збільшенням часу роботи водія відбувається закономірний розвиток стомлення. Отже, при плануванні тривалості роботи водія необхідно враховувати зміну його стану.

Як показали проведені дослідження, істотно на зміну стану водія впливає його вік і стаж роботи на транспортних засобах міського пасажирського транспорту. У зв'язку з цим виникає необхідність у визначенні значень цих показників, що забезпечують мінімальну зміну стану водія протягом робочого дня. Як показують результати проведених досліджень, на зміну стану водія впливає відношення віку водія до його стажу роботи на транспортних засобах міського пасажирського транспорту. Як віковий мінімум був обраний 21 рік [81]. За верхній граничний вік водія приймався – 55 років [58]. На першому етапі була проаналізована зміна досліджуваного показника залежно від віку і стажу. Графіки зміни відношення віку до стажу роботи наведені на рис. 2.41, 2.42.

Як можна побачити з рис. 2.41, залежність між досліджуваним параметром і стажем має нелінійний характер. Розташування точки перегину графіків залежить від віку водія. Зі збільшенням віку вона зміщується у напрямку збільшення стажу роботи на автобусі. Аналогічного висновку можна дійти при аналізі графіка зміни відношення віку до стажу роботи залежно від віку водія. Зі збільшенням стажу збільшення досліджуваного показника зменшується. Внаслідок цього було зроблене припущення, що при певному віці водіїв існує така величина стажу роботи на автобусі, менше якої використовувати водіїв для роботи недоцільно внаслідок того, що при цьому істотно буде змінюватися його

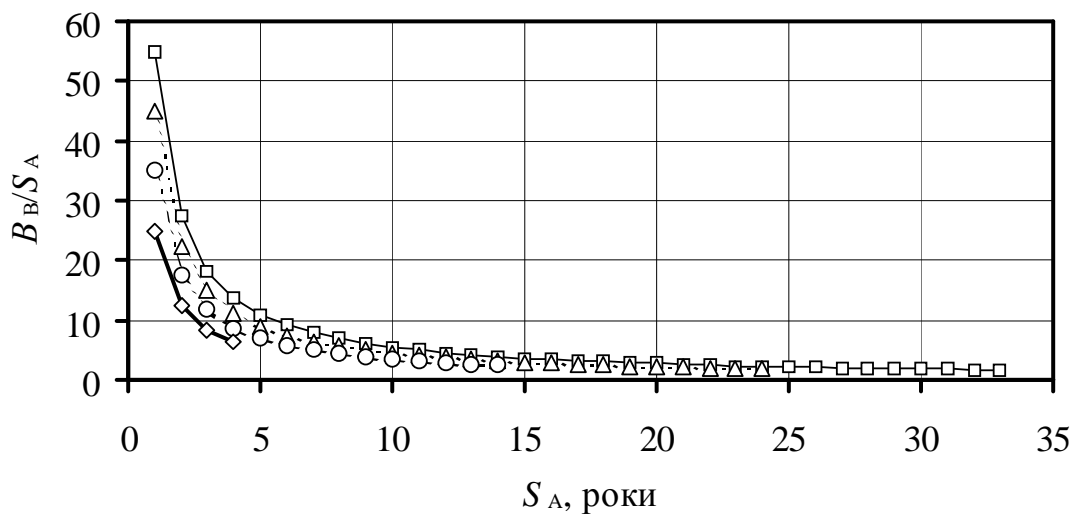


Рис. 2.41 – Графік зміни відношення віку до стажу роботи водія на автобусі залежно від певного стажу:

- — при $B_B = 55$;
- — при $B_B = 35$;
- △·· — при $B_B = 45$;
- ◇— — при $B_B = 25$.

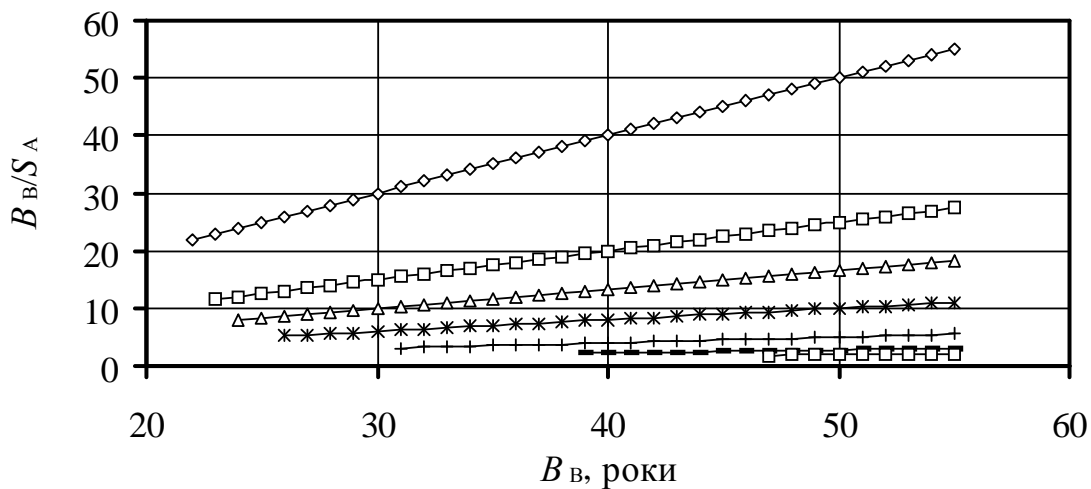


Рис. 2.42 – Графік зміни відношення віку водія до стажу роботи на автобусі залежно від його віку:

- ◇— — при $S_A = 1$;
- △— — при $S_A = 3$;
- +— — при $S_A = 10$;
- — при $S_A = 26$.
- — при $S_A = 2$;
- *— — при $S_A = 5$;
- — — при $S_A = 18$;

стан протягом робочого дня. Для перевірки цього припущення був проведений аналіз зміни показника активності регуляторних систем водія протягом робочого дня при різному співвідношенні віку і стажу роботи, графіки якого наведені на рис. 2.43, 2.44.

Ці графіки розроблені для водіїв, що працюють на автобусі Mazda-E2200. При цьому значення показника активності регуляторних систем перед початком роботи приймалося рівним 2. Як видно, зміна досліджуваної змінної на рис. 2.41, 2.42 відповідає її зміні на рис. 2.43, 2.44. Внаслідок цього, можна зробити висновок, що для кожного водія визначеного віку існує така можлива величина його стажу роботи, менш якої використовувати водія для роботи недоцільно внаслідок того, що при цьому істотно буде змінюватися його стан протягом робочого дня. Якщо розглядати середній стаж роботи, що забезпечує прийнятну зміну стану водіїв будь-якого віку, то він дорівнює 5 рокам. Однак, на зміну стану водія протягом робочого дня впливають також параметри маршруту і транспортного засобу. Для оцінки зміни стану водія за різних значень цих параметрів були побудовані відповідні графіки, що наведені на рис. 2.45, 2.46. На рис. 2.45 надано графік для водія з найменшим стажем роботи на автобусі. Як видно з графічної інтерпретації залежності для певного водія навіть за найсприятливіших параметрах маршруту і транспортного засобу стан його організму переходить на рівень надмірної напруги, що відповідає 5 балам показника активності регуляторних систем [302]. На рис 2.46 представлена залежність для водія з кращими умовами співвідношення віку і стажу. Як видно з цього графіка, можливі такі умови роботи, за яких стан водія за робочий день не переходить на рівень надмірної напруги.

Таким чином, можна зробити висновок, що у випадку, якщо у водія відсутній необхідний стаж роботи на рухомих одиницях міського пасажирського транспорту, йому необхідно забезпечувати відповідні режими роботи, що забезпечують мінімальну зміну стану його організму протягом робочого дня.

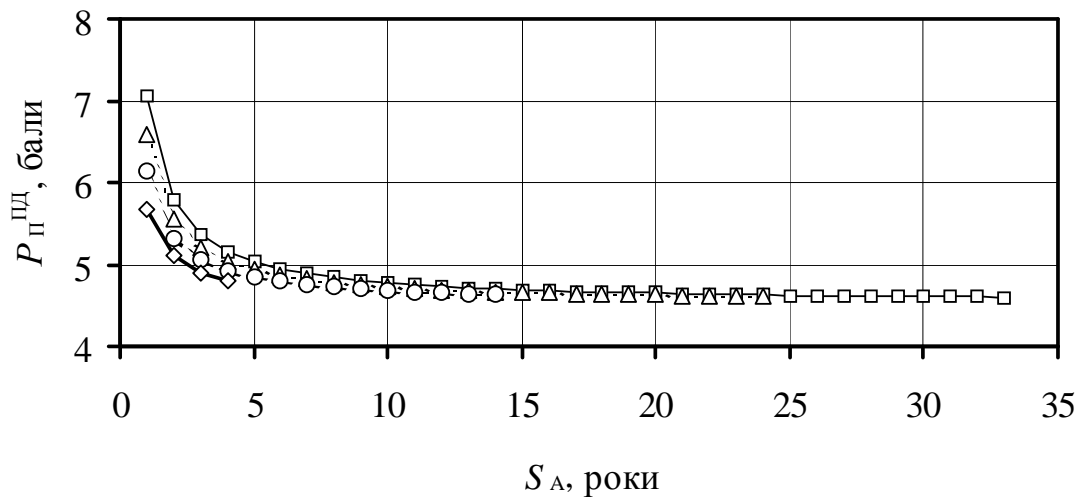


Рис. 2.43 – Зміна показника активності регуляторних систем водіїв з різним стажем роботи протягом робочого дня:

—□— — при $B_B = 55$; --△-- — при $B_B = 45$;
 —○— — при $B_B = 35$; —◇— — при $B_B = 25$.

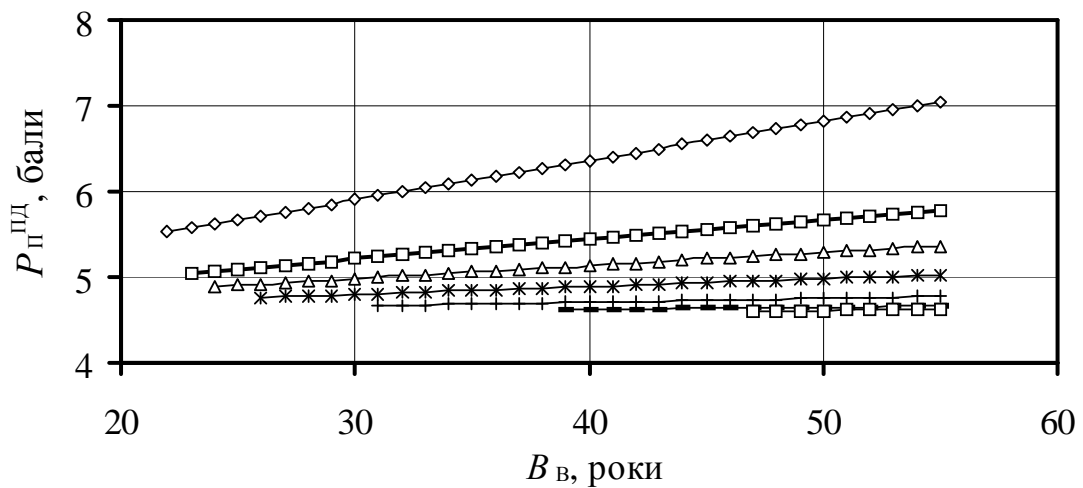


Рис. 2.44 – Зміна показника активності регуляторних систем водіїв різного віку протягом робочого дня:

—◇— — при $S_A = 1$; —□— — при $S_A = 2$;
 —△— — при $S_A = 3$; —*— — при $S_A = 5$;
 —+— — при $S_A = 10$; — — — при $S_A = 18$;
 —□— — при $S_A = 26$.

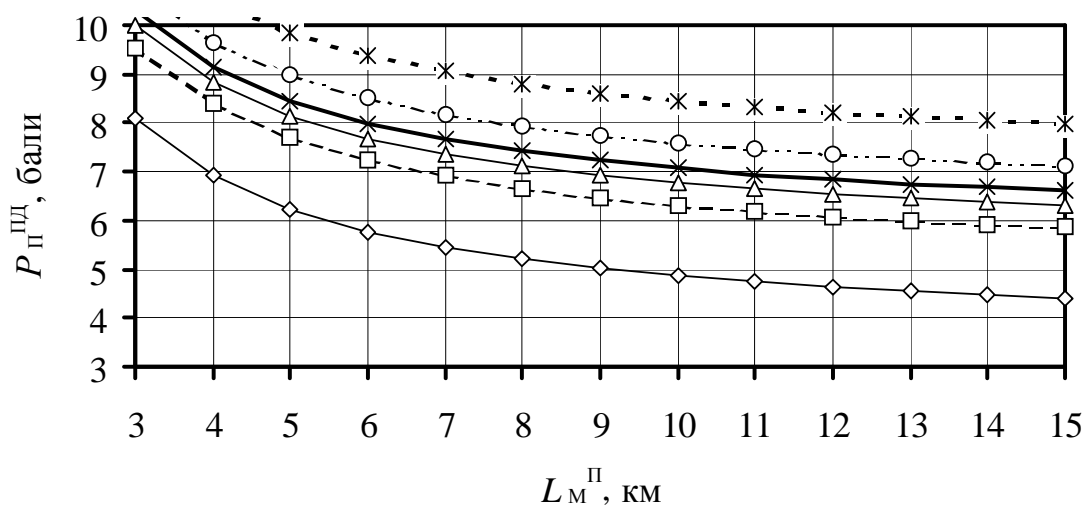


Рис. 2.45 – Зміна показника активності регуляторних систем водія протягом робочого дня при $P_{\text{д}}^{\text{ПД}} = 2$ бала, $B_{\text{в}} = 21$ рік і $S_{\text{а}} = 1$ рік:

—◇— – Mazda-E2200; —□— – Газель-32213; —△— – Volvo-B10M;
 —×— – Ікарус-260; —○— – ЛАЗ-695Н; - * - – Ікарус-280.

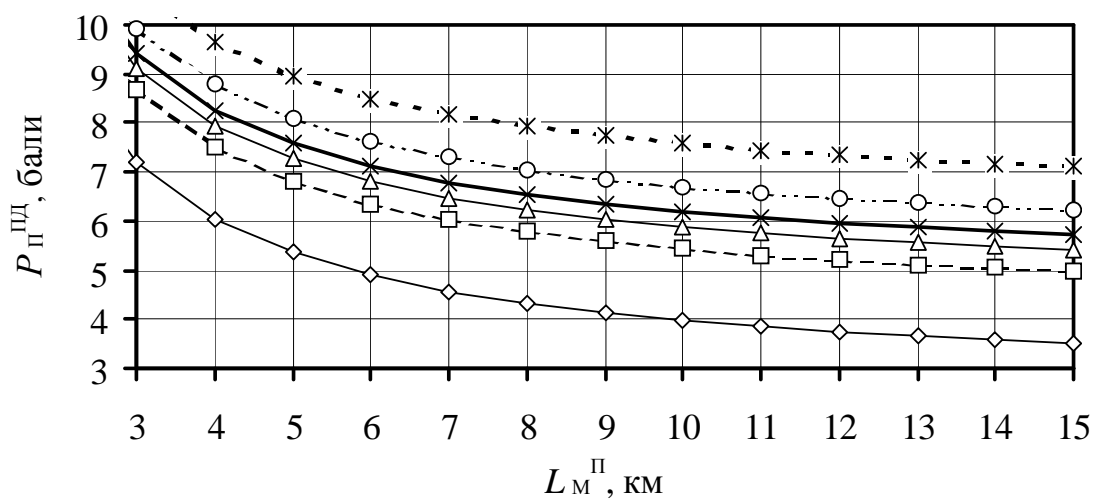


Рис. 2.46 – Зміна показника активності регуляторних систем водія протягом робочого дня при $P_{\text{д}}^{\text{ПД}} = 2$ бала, $B_{\text{в}} = 50$ років і $S_{\text{а}} = 28$ років:

—◇— – Mazda-E2200; —□— – Газель-32213; —△— – Volvo-B10M;
 —×— – Ікарус-260; —○— – ЛАЗ-695Н; - * - – Ікарус-280.

Проаналізувавши графіки зміни показника активності регуляторних систем водія протягом робочого дня, що наведені на рис. 2.47 - 2.54, можна запропонувати наступні рекомендації з його тривалості:

- для водіїв мікроавтобусів типу Mazda-E2200 на маршрутах з довжиною більше 10 км час роботи може складати до 12 годин, на маршрутах довжиною до 10 км – до 10 годин;

- для водіїв мікроавтобусів Газелей на маршрутах більше 10 км – до 10 годин, менше 10 – до 8 годин;

- для водіїв автобусів Volvo-B10M, Ікарус-260, ЛАЗ-695Н на маршрутах понад 10 км – до 10 годин, менше 10 км – до 8 годин. У випадку надання часу для короткочасного відпочинку до 10 хвилин протягом кожної години, але не раніше, ніж через 3 години з моменту початку роботи, на маршрутах менше 10 км можлива тривалість роботи до 10 годин;

- тривалість роботи на Ікарусах-280 не більше 8 годин.

Важливим фактором, що впливає на стан водія, є тривалість безперервної роботи до початку обідньої перерви. Можна запропонувати наступні рекомендації для визначення її величини:

- на мікроавтобусах типу Mazda-E2200 не більше 5 годин;

- на мікроавтобусах типу Газель не більше 4 годин;

- на автобусах типу Volvo-B10M, Ікарус-260, ЛАЗ-695Н на маршрутах понад 10 км не більше 4 годин, а на маршрутах менше 10 км – через 3 години;

- на автобусах Ікарус-280 не більше 3 годин.

Таким чином, за рахунок регулювання режимів роботи і відпочинку водіїв, можна не допустити перевтоми водія при роботі на маршруті. Пропоновані рекомендації можуть знайти практичну реалізацію під час складання графіків роботи рухомого складу на маршруті. Внаслідок цього, виникає необхідність у розробці методики розробки графіків роботи рухомого складу на маршруті з урахуванням стану водія.

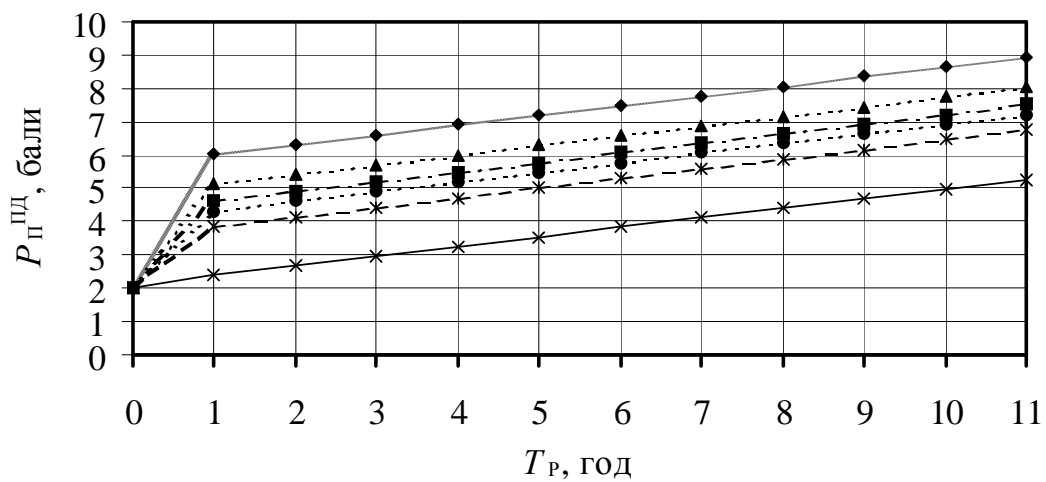


Рис. 2.47 – Зміна показника активності регуляторних систем водія протягом робочого дня при $P_{\text{д}}^{\text{ПД}} = 2$ бала, $L_{\text{м}}^{\text{П}} = 5$ км і $B_{\text{в}}/S_{\text{а}} = 2$:

.....◆..... – Ікарус-280; —*— – Mazda-E2200; -■- - Ікарус-260;
 -*- - Газель-32213; ..▲.. - ЛАЗ-695Н; ..●.. - Volvo-B10M.

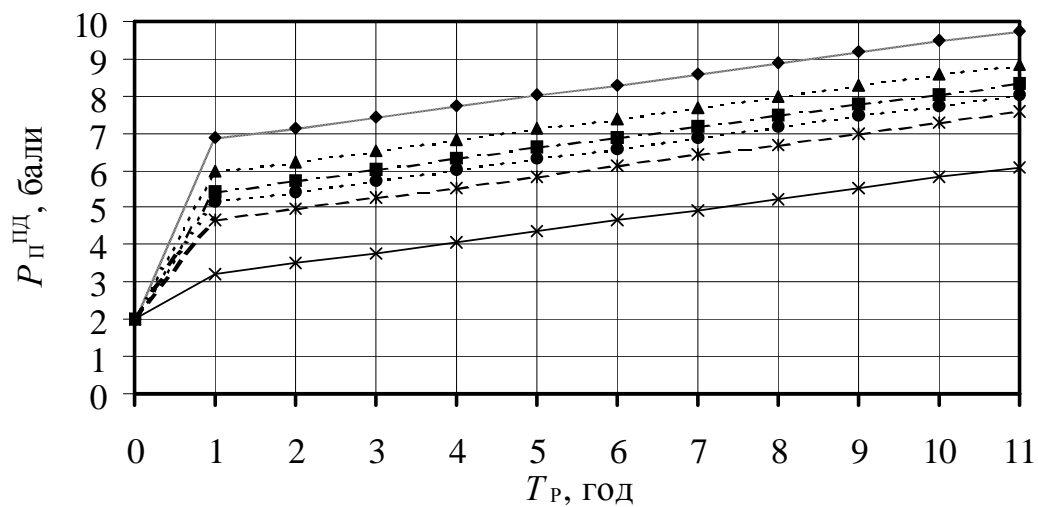


Рис. 2.48 – Зміна показника активності регуляторних систем водія протягом робочого дня при $P_{\text{д}}^{\text{ПД}} = 2$ бала, $L_{\text{м}}^{\text{П}} = 5$ км і $B_{\text{в}}/S_{\text{а}} = 20$:

.....◆..... – Ікарус-280; —*— – Mazda-E2200; -■- - Ікарус-260;
 -*- - Газель-32213; ..▲.. - ЛАЗ-695Н; ..●.. - Volvo-B10M.

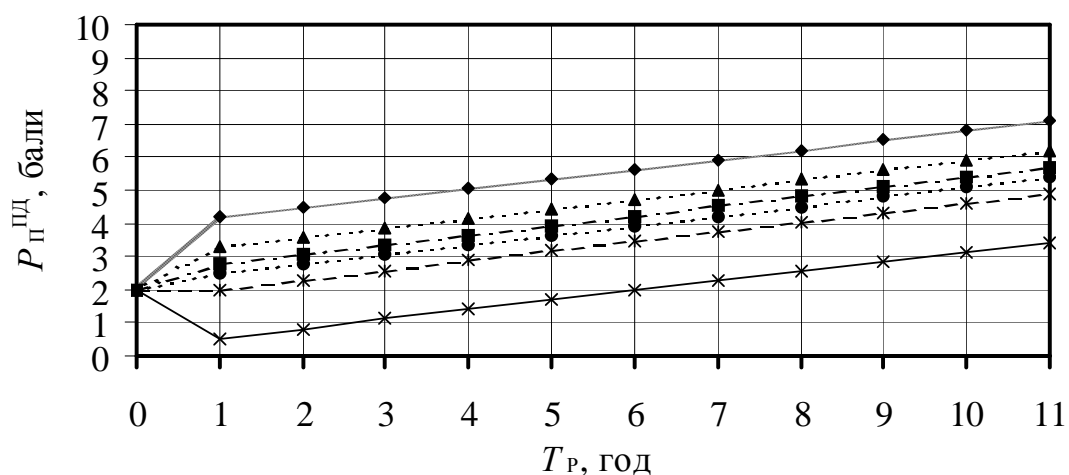


Рис. 2.49 – Зміна показника активності регуляторних систем водія протягом робочого дня при $P_{\text{д}}^{\text{ПД}} = 2$ бала, $L_{\text{м}}^{\text{П}} = 15$ км і $B_{\text{в}}/S_{\text{а}} = 2$:

.....♦..... – Ікарус-280; —*— – Mazda-E2200; -■- - Ікарус-260;
 -*- - Газель-32213; ..▲.. - ЛАЗ-695Н; ..●.. - Volvo-B10M.

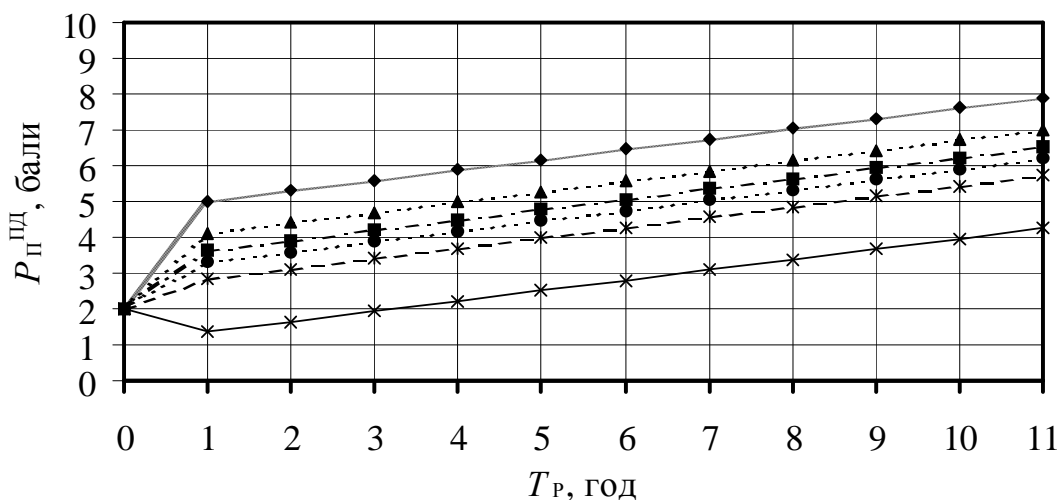


Рис. 2.50 – Зміна показника активності регуляторних систем водія протягом робочого дня при $P_{\text{д}}^{\text{ПД}} = 2$ бала, $L_{\text{м}}^{\text{П}} = 15$ км і $B_{\text{в}}/S_{\text{а}} = 20$:

.....♦..... – Ікарус-280; —*— – Mazda-E2200; -■- - Ікарус-260;
 -*- - Газель-32213; ..▲.. - ЛАЗ-695Н; ..●.. - Volvo-B10M.

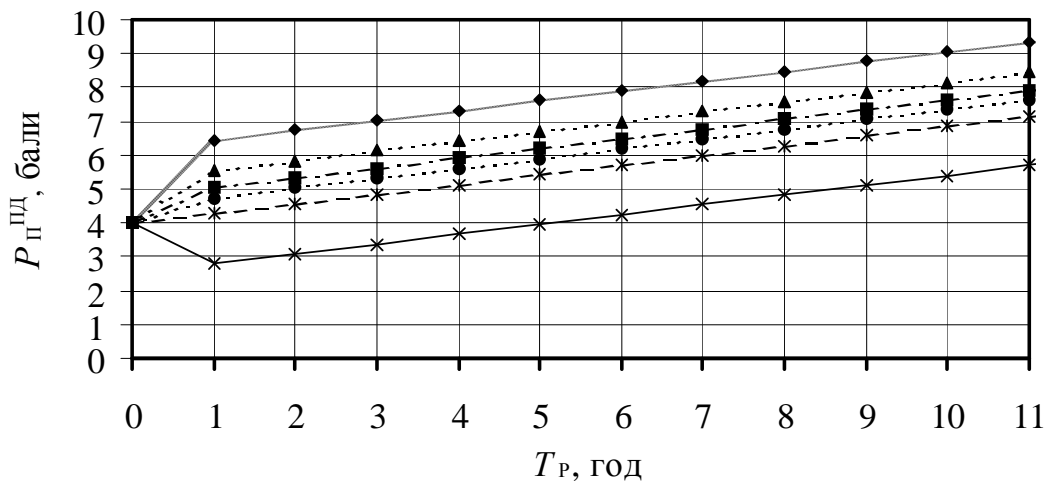


Рис. 2.51 – Зміна показника активності регуляторних систем водія протягом робочого дня при $P_{\text{д}}^{\text{ПД}} = 4$ бала, $L_{\text{м}}^{\text{П}} = 5$ км і $B_{\text{в}}/S_{\text{а}} = 2$:

.....♦..... – Ікарус-280; —*— – Mazda-E2200; -■- - Ікарус-260;
 -*- - Газель-32213; ..▲... – ЛАЗ-695Н; ..●... – Volvo-B10M.

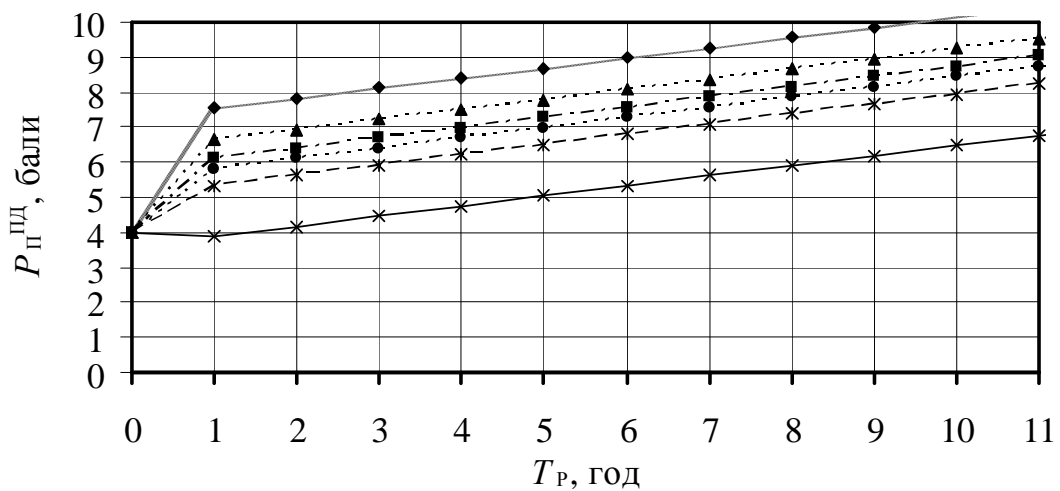


Рис. 2.52 – Зміна показника активності регуляторних систем водія протягом робочого дня при $P_{\text{д}}^{\text{ПД}} = 4$ бала, $L_{\text{м}}^{\text{П}} = 5$ км і $B_{\text{в}}/S_{\text{а}} = 20$:

.....♦..... – Ікарус-280; —*— – Mazda-E2200; -■- - Ікарус-260;
 -*- - Газель-32213; ..▲... – ЛАЗ-695Н; ..●... – Volvo-B10M.

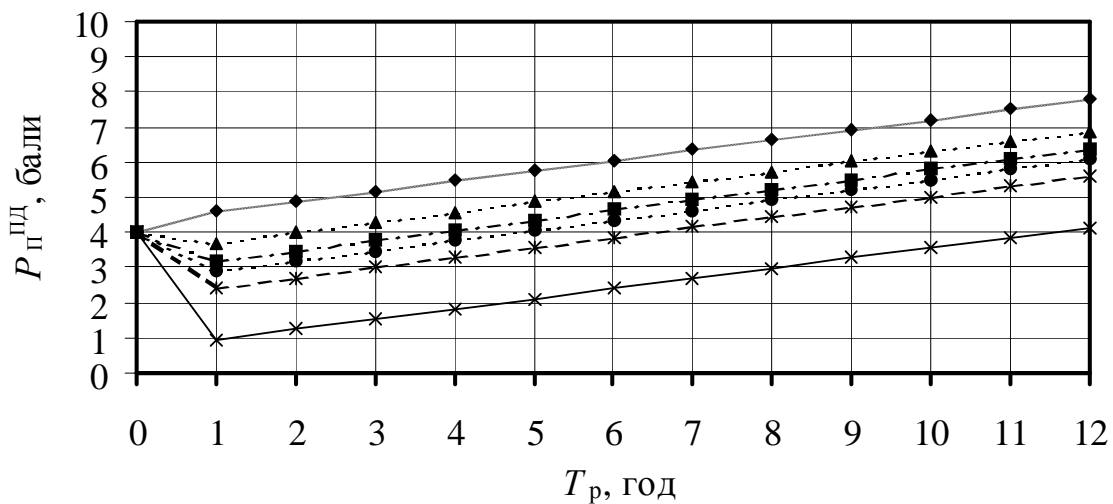


Рис. 2.53 – Зміна показника активності регуляторних систем водія протягом робочого дня при $P_{\text{д}}^{\text{ПД}} = 4$ бала, $L_{\text{м}}^{\text{П}} = 15$ км і $B_{\text{в}}/S_{\text{а}} = 2$:

.....♦..... – Ікарус-280; —*— – Mazda-E2200; -■- - Ікарус-260;
 -*- - Газель-32213; ...▲... – ЛАЗ-695Н; ...●... – Volvo-B10M.

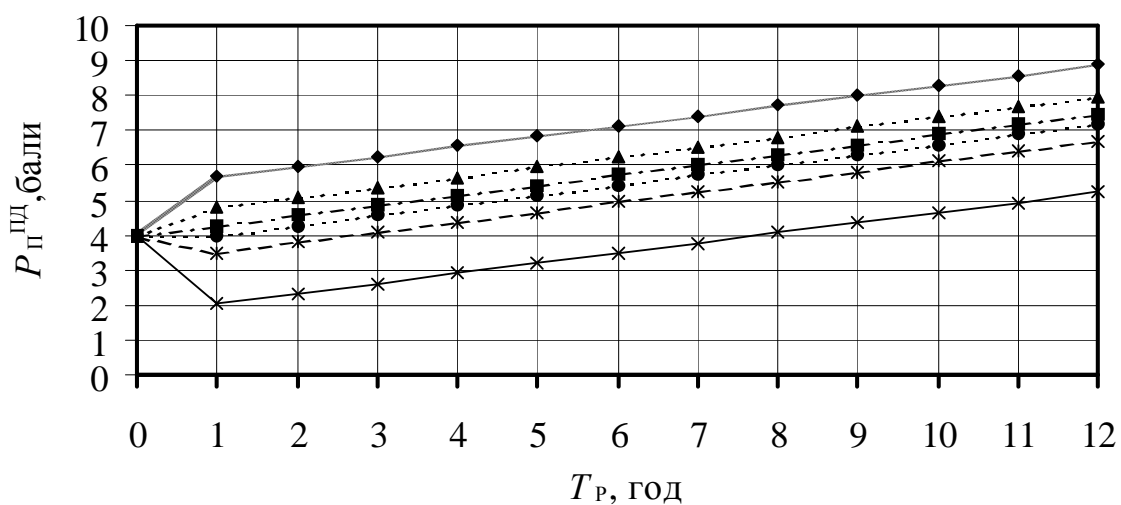


Рис. 2.54 – Зміна показника активності регуляторних систем водія протягом робочого дня при $P_{\text{д}}^{\text{ПД}} = 4$ бала, $L_{\text{м}}^{\text{П}} = 15$ км і $B_{\text{в}}/S_{\text{а}} = 20$:

.....♦..... – Ікарус-280; —*— – Mazda-E2200; -■- - Ікарус-260;
 -*- - Газель-32213; ...▲... – ЛАЗ-695Н; ...●... – Volvo-B10M.

2.3.4. Розробка графіка роботи рухомого складу на маршруті

Існуючий підхід для складання розкладу руху транспортних засобів на маршруті, описаний у працях [17, 20, 21, 23, 24], не враховує зміну стану організму водія протягом робочого дня і швидкості руху транспортних засобів залежно від цього стану. У процесі роботи стан водія змінюється внаслідок впливу умов діяльності. Описати зміну цього стану можливо з використанням моделі (2.8). Вихідним є стан водія на початку роботи, зумовлений обставинами його нічного відпочинку і поїздки на роботу. Цей стан разом з умовами руху визначає швидкість сполучення маршрутом при виконанні першого рейсу, яка розраховується за залежністю (2.6). Ця швидкість з урахуванням довжини маршруту і часу простою на кінцевому пункті визначає час рейсу. За час рейсу відбувається закономірна зміна значення показника активності регуляторних систем водія, що визначається за моделлю (2.8). Отримане значення є вихідним при виконанні наступного рейсу. Аналогічно проводились розрахунки швидкості сполучення, часу рейсу і показника активності регуляторних систем водія для другого і наступних рейсів. Після розрахунку параметрів кожного рейсу проводився аналіз зміни показника активності регуляторних систем водія. Неприпустимим вважається перехід стану регуляторних систем організму на рівень різко вираженої функціональної напруги, що відповідає значенню показника активності регуляторних систем рівному 5 [302], після якого настає перенапруга регуляторних механізмів, поява патологічних синдромів і захворювань [204].

У випадку, якщо після виконаного рейсу значення показника активності регуляторних систем водія перевищує 5 балів, то йому необхідно надавати додатковий відпочинок на кінцевому пункті маршруту. Тривалість цього відпочинку визначається з умови зниження значення показника активності регуляторних систем водія до рівня, на якому можливе продовження роботи. Значення показника активності

регуляторних систем водія після простою в кінцевому пункті розраховується за залежністю (2.4).

Однак, протягом доби стан організму водія змінюється внаслідок його функціонування. Розробка моделі (2.8) проводилася на підставі експериментальних даних, що враховують зміну стану людини протягом часу. Моделі зміни стану водія за час простою на кінцевих пунктах маршруту і протягом перерви враховують зміну стану організму тільки за досліджений проміжок часу не залежно від того, на якій годині роботи водієві був наданий відпочинок. Для побудови графіка роботи водія протягом робочого дня істотною є не тільки зміна стану водія при виконанні досліджуваного елемента транспортного процесу, але і його зміна протягом усього часу роботи. Для одержання даних про цю зміну були проведені додаткові дослідження. У водіїв транспортних засобів перед початком роботи і після її закінчення фіксувалася електрокардіограма. Також при цьому фіксувався час роботи водія.

Після проведення обстеження були оброблені отримані електрокардіограми і визначені значення показника активності регуляторних систем водіїв перед початком роботи і після її закінчення. На наступному етапі з використанням раніше описаного підходу була розроблена модель зміни показника активності регуляторних систем водія за час роботи. Результати розрахунків наведені в табл. 2.26, 2.27.

Модель зміни різниці значення показника активності регуляторних систем після закінчення роботи і перед її початком має такий вигляд:

$$\Delta P_{\text{СК}} = -3,65 + 0,008T_p. \quad (2.9)$$

Про значимість незалежної змінної свідчить розрахункове значення критерію Стюдента, що більше табличного значення, і відсутність нуля в довірчому інтервалі коефіцієнта моделі.

Таблиця 2.26 – Характеристики моделі зміни різниці значення показника активності регуляторних систем водія після закінчення роботи і перед її початком

Фактори	Позначення, розмірність	Межі вимірів	Коефіцієнт	Стандартна похибка	Критерій Стьюдента	
					розрахунковий	табличний
Час роботи	T_p , хв.	20-705	0,008	0,001	7,79	2,45

Таблиця 2.27 – Довірчі інтервали коефіцієнтів моделі

Фактори	Нижня межа	Верхня межа
Час роботи	0,0054	0,0106

Після розробки регресійної моделі проводилася її статистична оцінка. Результати розрахунків наведені в табл. 2.28.

Таблиця 2.28 – Результати оцінки моделі зміни показника активності регуляторних систем водія за період роботи

Показники	Значення
Критерій Фішера: табличний	4,28
розрахунковий	60,61
Коефіцієнт множинної кореляції	0,92
Середня похибка апроксимації, %	18,2

Внаслідок цього, з використанням моделі (2.9) з'являється можливість корегувати зміни стану водія після виконання елементів технологічного процесу. Після додаткового відпочинку розрахунок показника активності регуляторних систем водія після виконання кожного рейсу проводився з використанням моделей (2.8) і (2.9).

Після чотирьох годин роботи водієві надається перерва для

прийняття їжі і відпочинку, відповідно до раніше розроблених рекомендацій, які запропоновані у праці [69]. Тривалість обідньої перерви визначається можливістю зниження значення показника активності регуляторних систем водія, розрахованого за залежністю (2.7) з урахуванням залежності (2.9) і може змінюватися від 45 хвилин до 2 годин [214]. Після обіду порядок складання графіка роботи аналогічний. Кінець робочого дня визначається технологічними умовами. Розрахунки можуть виконуватися як для однозмінних, так і для двозмінних режимів роботи водія. При двозмінній роботі водієві після наступних чотирьох годин роботи надається друга перерва для відпочинку і прийняття їжі.

Для перевірки цієї методики були розроблені графіки роботи водіїв за різних умов. Як показують результати досліджень, істотно на зміну стану водія впливають марка рухомого складу, параметри маршруту, вік і кваліфікація водія. Внаслідок цього, графіки розроблялися при різних варіантах варіювання цих параметрів. У якості вихідного приймався стан організму водія, за якого значення показника активності його регуляторних систем складала 2 бали.

На першому етапі проводилися розрахунки для маршруту довжиною 7 км. Ця довжина визначає середні параметри досліджених маршрутів міського пасажирського транспорту. Результати розрахунків наведені на рис. 2.55 - 2.66. При цьому розглядалася робота на маршруті досвідчених водіїв з великим стажем роботи і водіїв з недостатньою кваліфікацією. Ці умови описувалися значенням відношення віку водія до його стажу роботи на автобусах. У першому випадку, це відношення приймалося рівним 2, що відповідає, наприклад, вікові водія 50 років і 25 рокам його стажу роботи на автобусі. В другому випадку, використовувалося значення 20, що відповідає вікові 50 років і стажеві 2,5 року.

Аналіз отриманих результатів показує, що більш досвідченим водіям можна планувати більшу кількість рейсів. Це зумовлено кількома причинами.

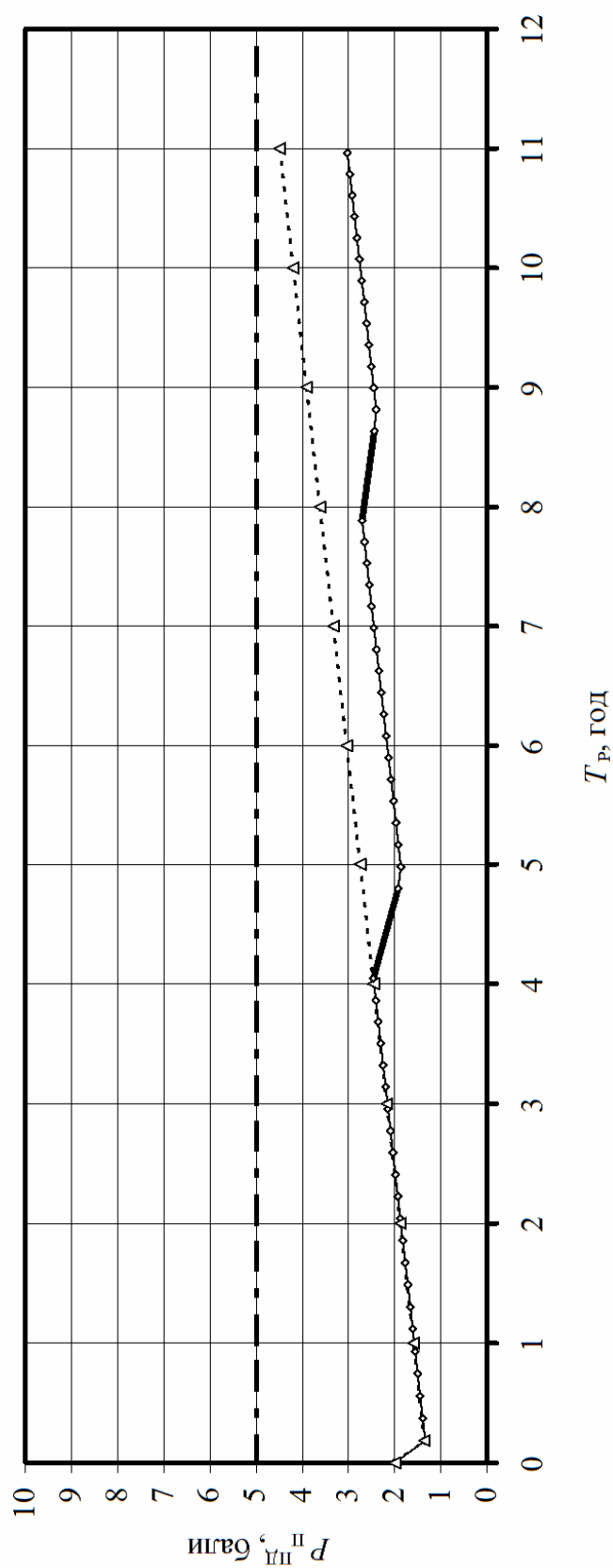


Рис. 2.55 – Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B/S_A = 2$ при виконанні 52 рейсів маршрутом довжиною 7 км протягом робочого дня на автобусі марки Mazda-E2200:

-Δ---Δ- – без надання перерв;

◊— – при наданні двох перерв на обід тривалістю по 45 хвилин;

— – обідня перерва;

— - - – гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

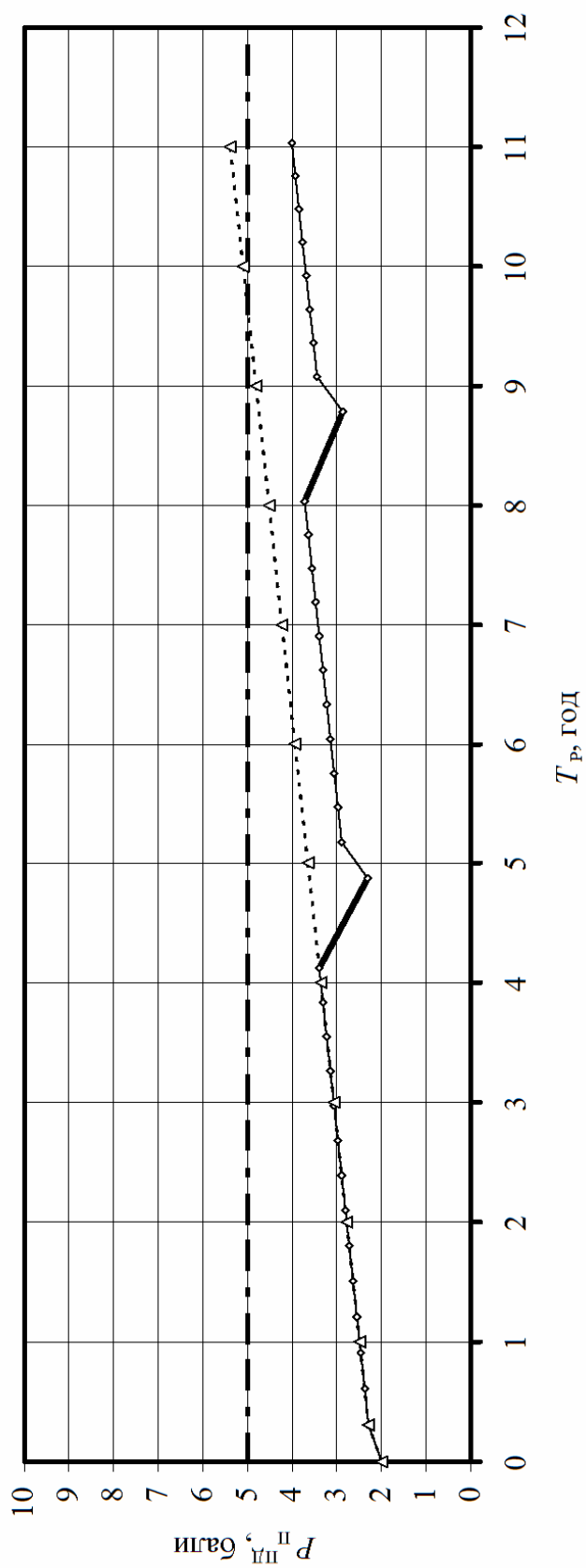


Рис. 2.56 — Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_B/S_A=20$ при виконанні 33 рейсів маршрутом довжиною 7 км протягом робочого дня на автобусі марки Mazda-E2200:

- Δ - Δ - — без надання перерв;
- \diamond — при наданні двох перерв на обід тривалістю по 45 хвилин;
- — обідня перерва;
- . - — гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

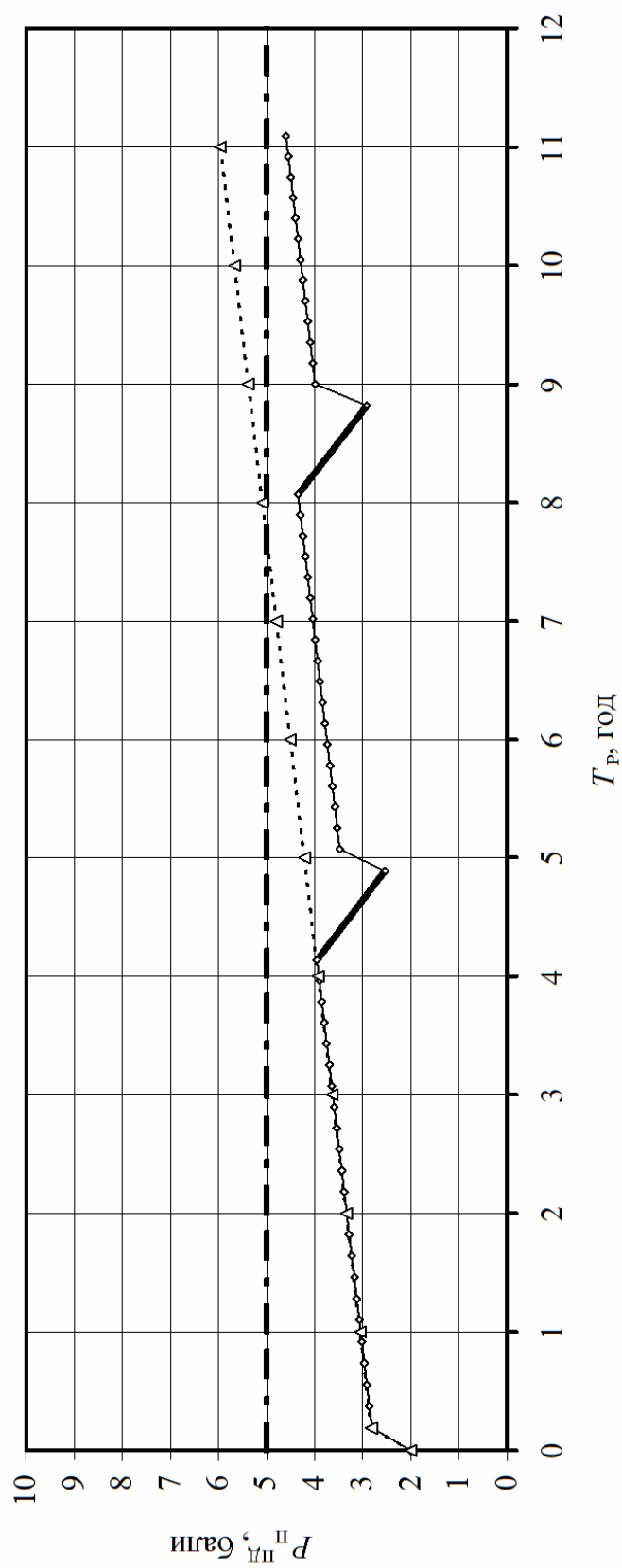


Рис. 2.57 – Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_{\text{В}}/S_{\text{А}}=2$ при виконанні 55 рейсів маршрутом довжиною 7 км протягом робочого дня на автобусі марки Газель-32213:

-Δ---Δ- – без надання перерв;

◊— – при наданні двох перерв на обід тривалістю по 45 хвилин;

— – обідня перерва;

- . - - – гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

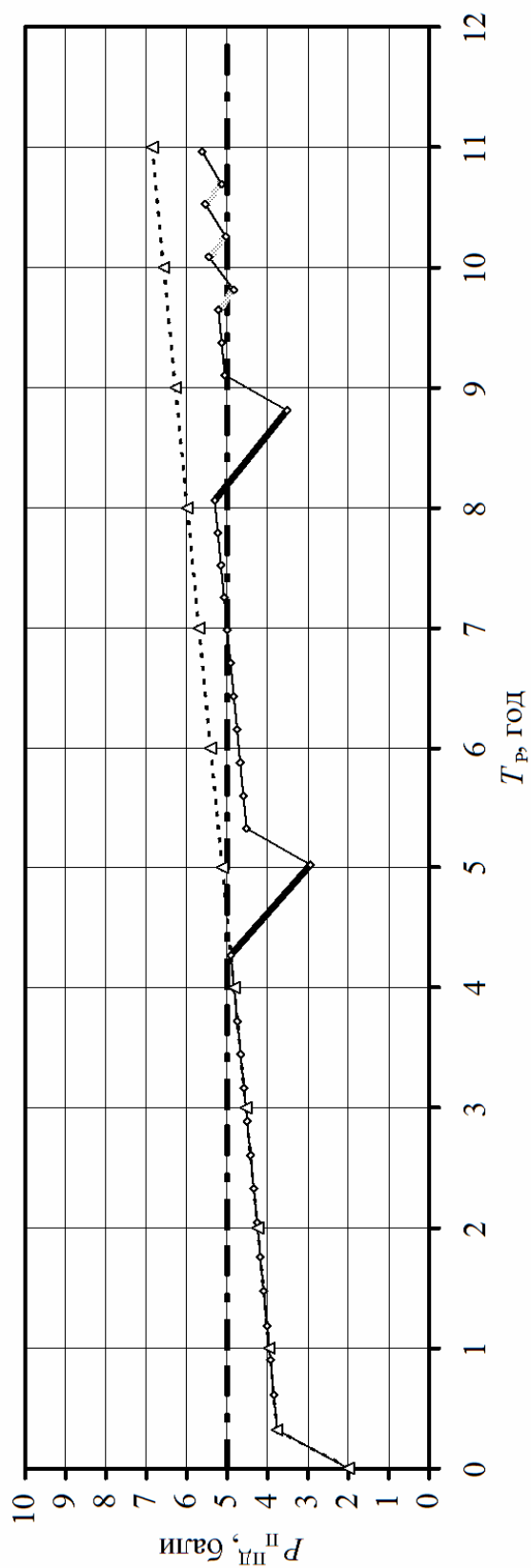


Рис. 2.58 — Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_{\text{В}}/S_{\text{А}} = 20$ при виконанні 30 рейсів маршрутом довжиною 7 км протягом робочого дня на автобусі марки Газель-32213:

-Δ-Δ-Δ- без надання перерв;

◆ — при наданні двох перерв на обід тривалістю по 45 хвилин і трьох додаткових простоїв на кінцевих пунктах по 10 хвилин;

— — обідня перерва;

..... — простій на кінцевому пункті;

— . — — гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

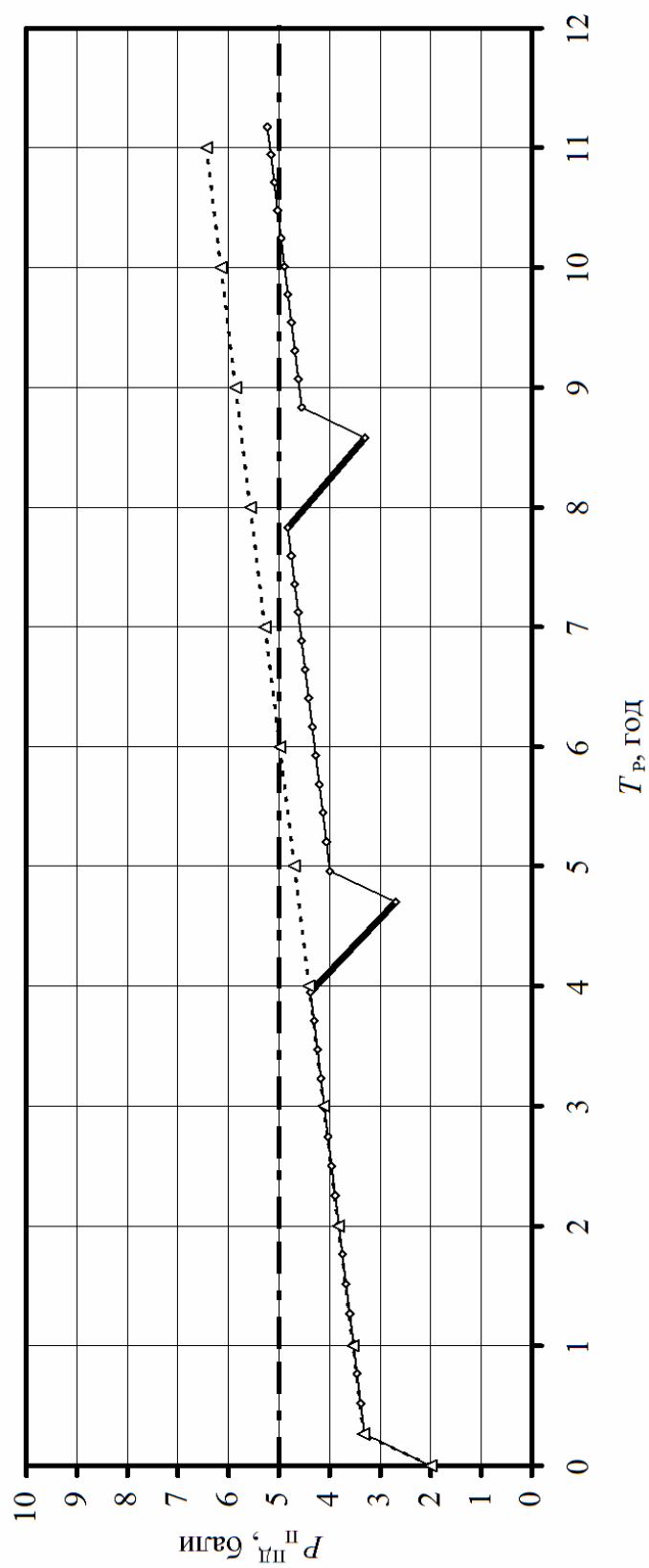


Рис. 2.59 – Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_B/S_A=2$ при виконанні 42 рейсів маршрутом довжиною 7 км протягом робочого дня на автобусі марки Volvo-B10M:

-Δ-Δ-Δ- без надання перерв;

◇- - при наданні двох перерв на обід тривалістю по 45 хвилин;

— обідня перерва;

- - - гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

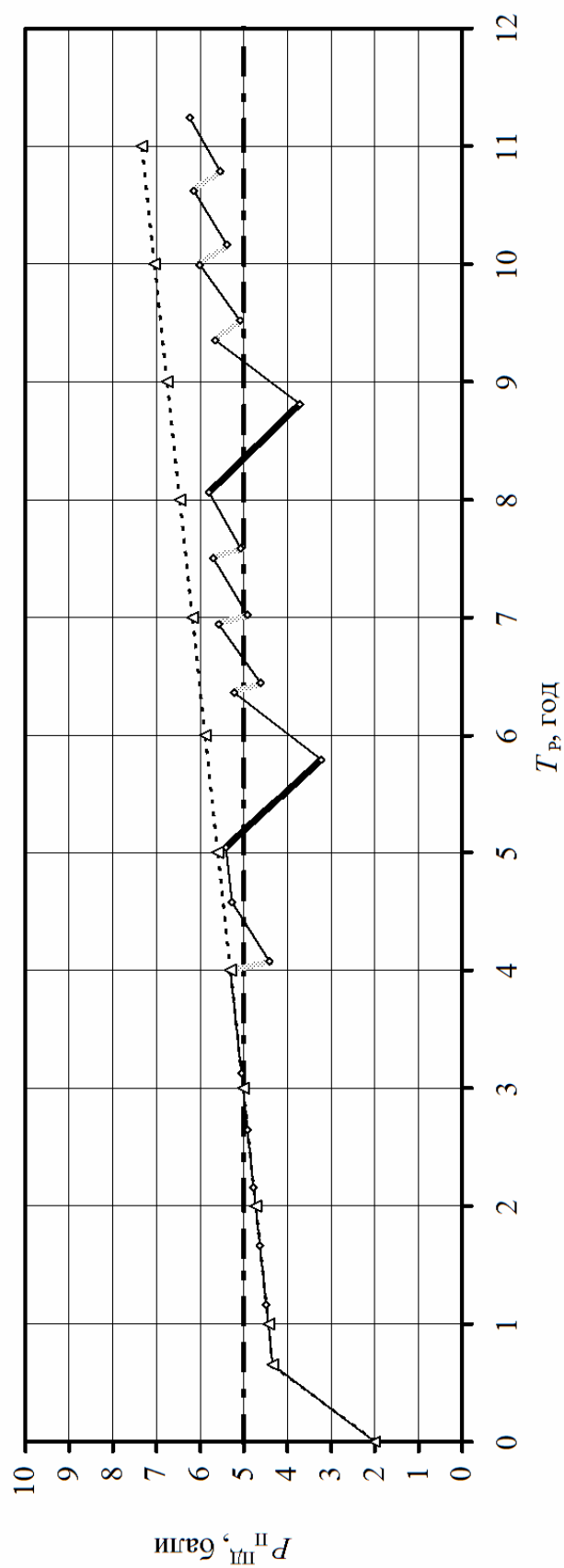


Рис. 2.60 – Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_B/S_A = 20$ при

виконанні 16 рейсів маршрутом довжиною 7 км протягом робочого дня на автобусі марки Volvo-B10M:

Δ-Δ-Δ – без надання перерв;

◇ – при наданні двох перерв на обід тривалістю по 45 хвилин, чотирьох додаткових простоїв на кінцевих пунктах по 5 хвилин і трьох по 10 хвилин;

— – обідня перерва;

..... – простій на кінцевому пункті;

- . - - – гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

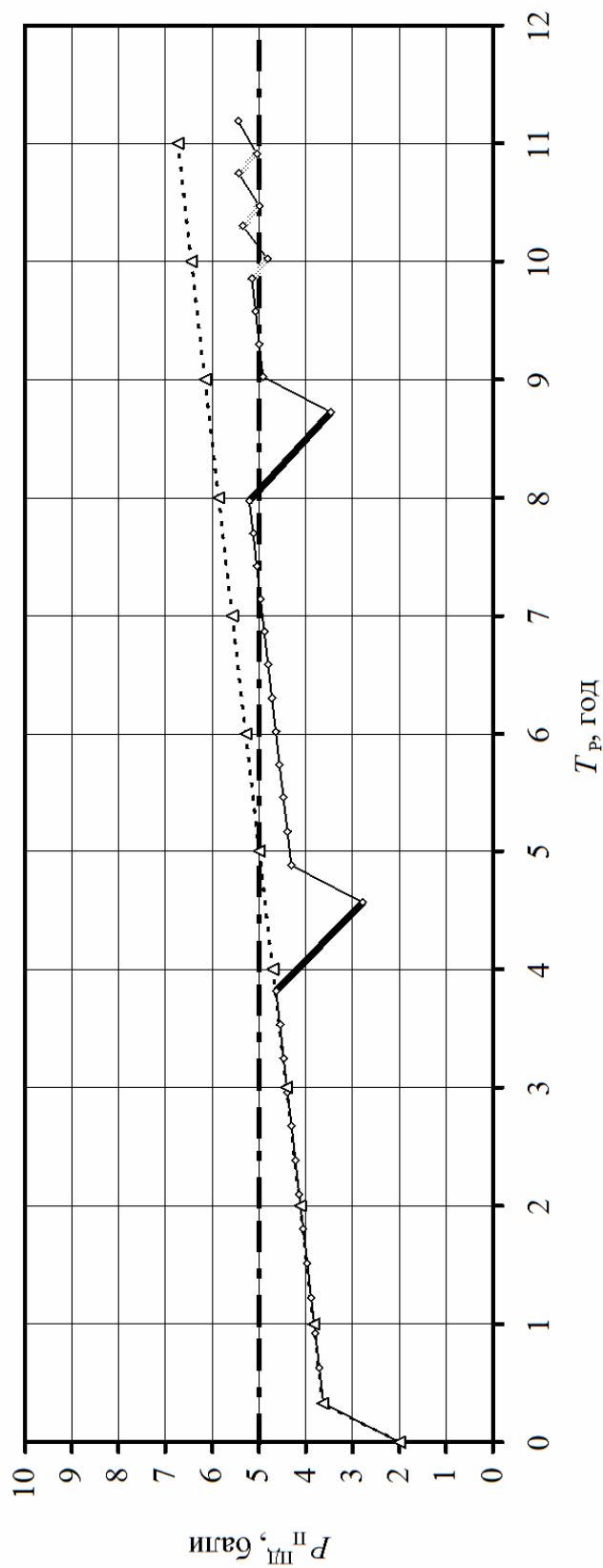


Рис. 2.61 – Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_B / S_A = 2$ при виконанні 30 рейсів маршрутом довжиною 7 км протягом робочого дня на автобусі марки Ікарус-260:

$\Delta-\Delta-\Delta$ – без надання перерв;
 \diamond – при наданні двох перерв на обід тривалістю по 45 хвилин і трьох додаткових простоїв на кінцевих пунктах по 10 хвилин;
 — – обідня перерва;
 $\dots\dots\dots$ – простій на кінцевому пункті;
 $-\cdot-\cdot-$ – гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

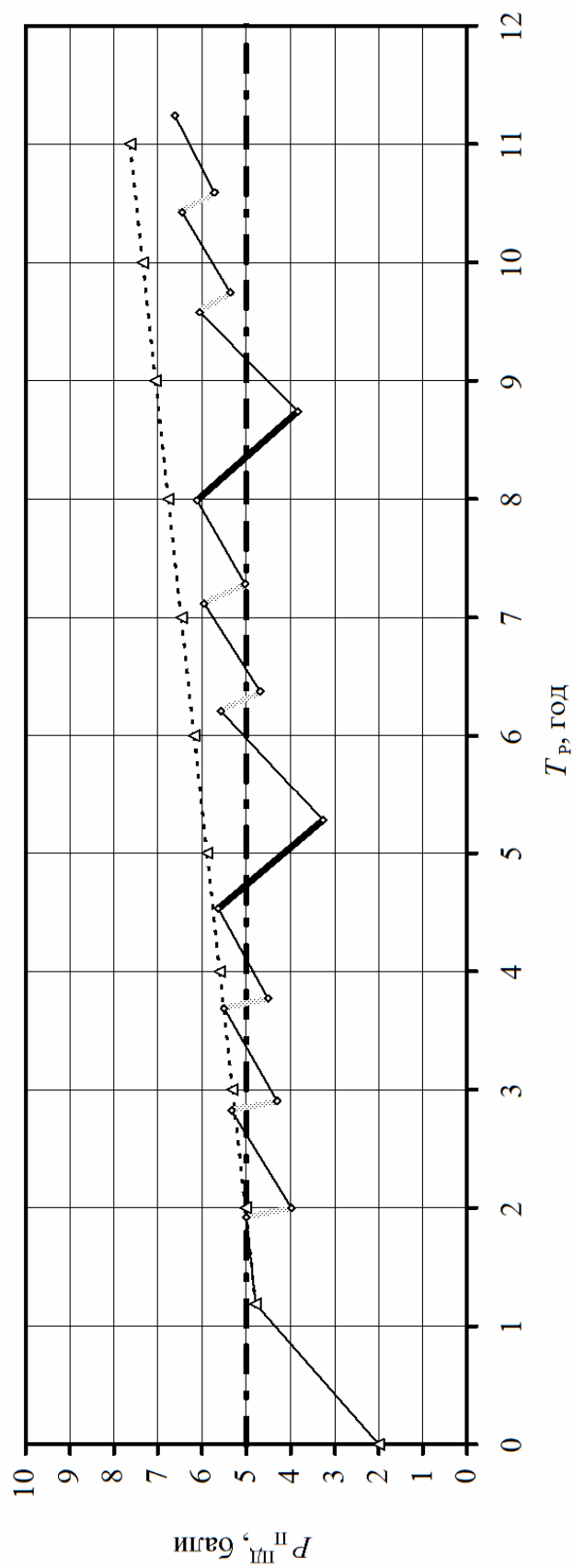


Рис. 2.62 – Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_B/S_A=20$ при виконанні 11 рейсів маршрутом довжиною 7 км протягом робочого дня на автобусі марки Ікарус-260:

Δ-Δ-Δ- без надання перерв;

◆ — при наданні двох перерв на обід тривалістю по 45 хвилин, трьох додаткових простоїв на кінцевих пунктах по 5 хвилин і чотирьох по 10 хвилин;

— — обідня перерва;

..... — простій на кінцевому пункті;

— · — — гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

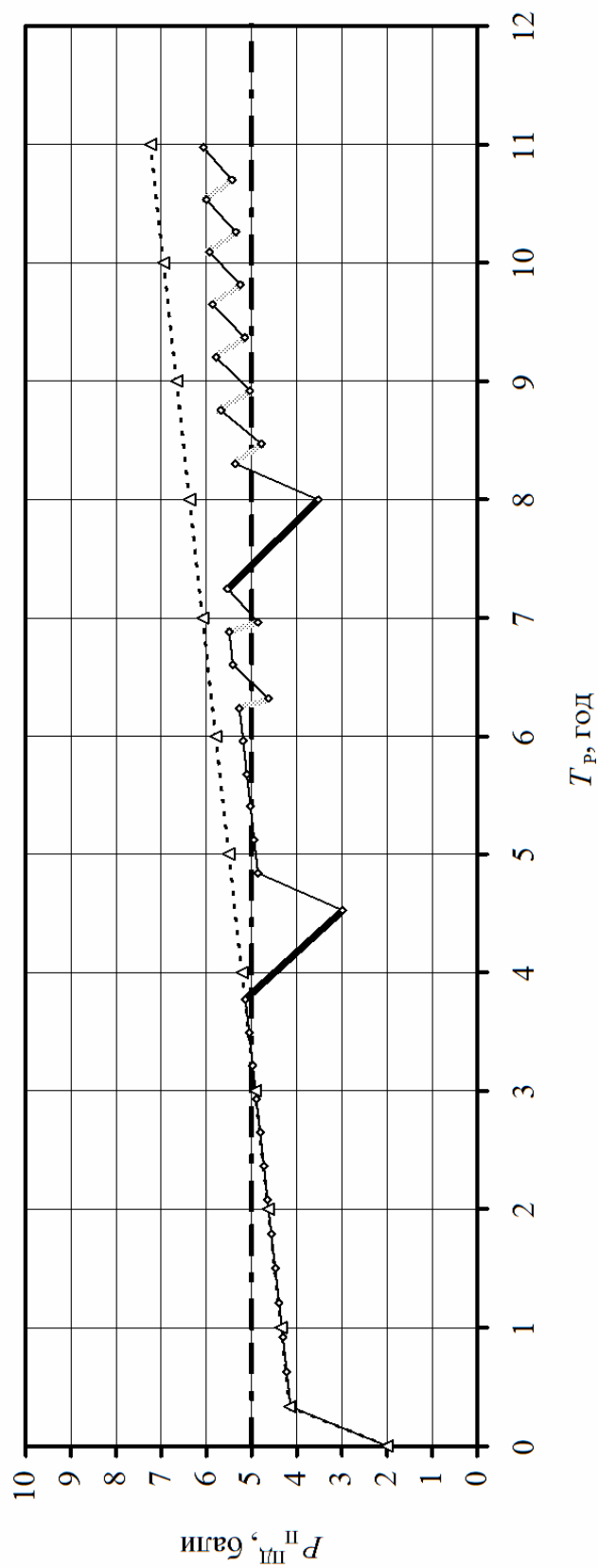


Рис. 2.63 – Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_B/S_A=2$ при виконанні 28 рейсів маршрутом довжиною 7 км протягом робочого дня на автобусі марки ЛАЗ-695Н:

-Δ-Δ- без надання перерв;

—◇— при наданні двох перерв на обід тривалістю по 45 хвилин, двох додаткових перерв на кінцевих пунктах по 5 хвилин і шести по 10 хвилин;

— — обідня перерва;

..... — простий на кінцевому пункті;

- . - . — гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

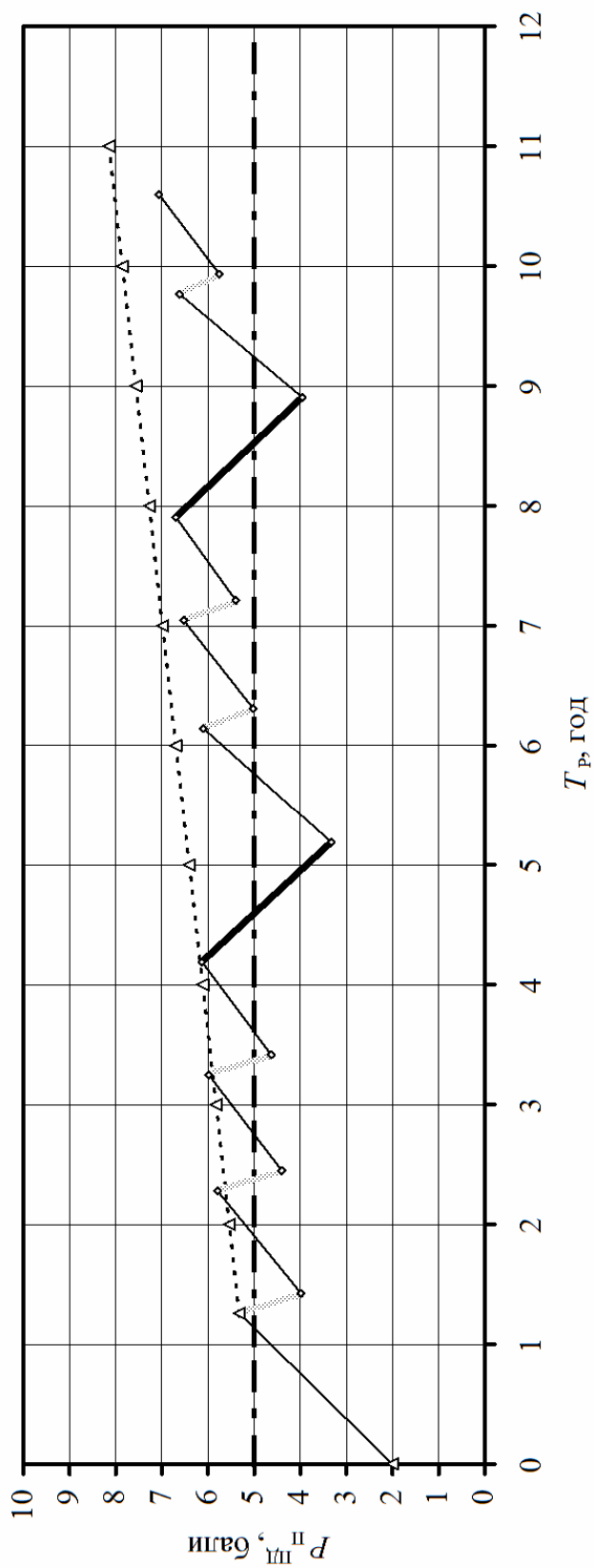


Рис. 2.64 – Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_B/S_A=20$ при

виконанні 9 рейсів маршрутом довжиною 7 км протягом робочого дня на автобусі марки ЛАЗ-695Н:

-Δ-Δ- – без надання перерв;

◊ — — при наданні двох перерв на обід тривалістю по 60 хвилин і шести додаткових простоїв на кінцевих пунктах по 10 хвилин;

— — — обідня перерва;

..... — простій на кінцевому пункті;

- . - . — гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

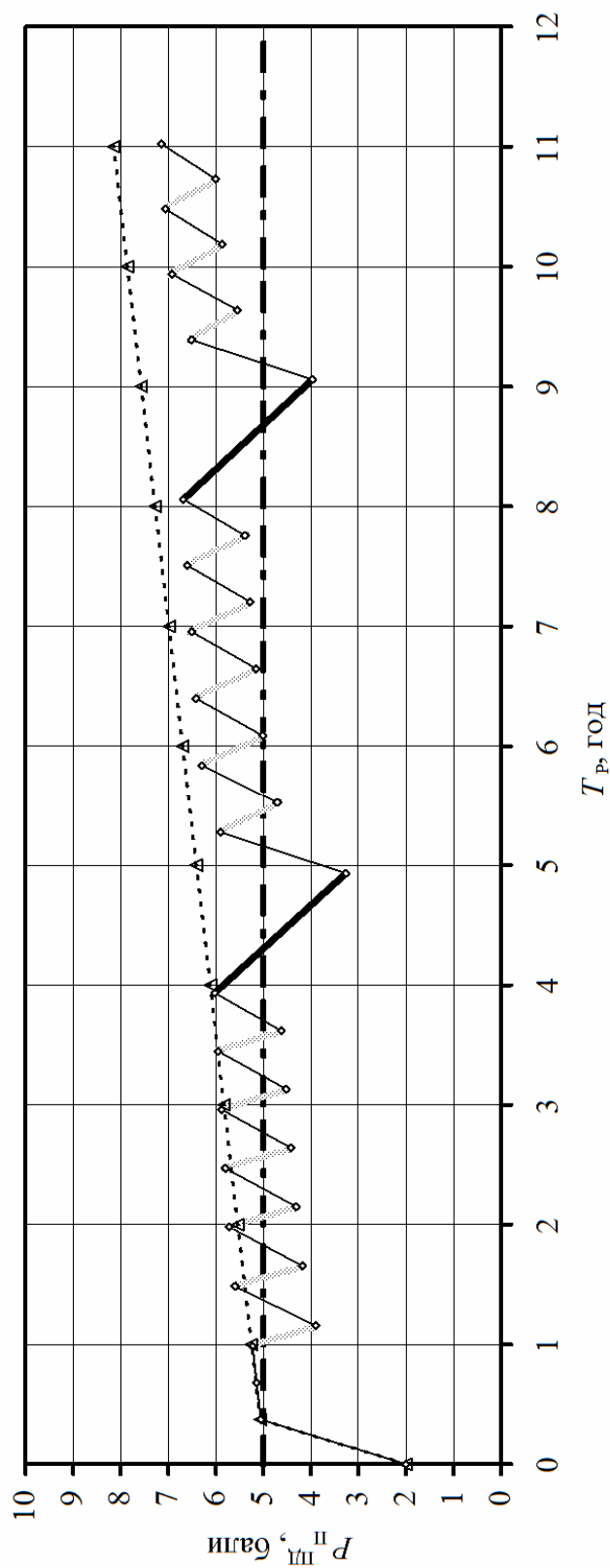


Рис. 2.65 – Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_B/S_A = 2$ при виконанні 20 рейсів маршрутом довжиною 7 км протягом робочого дня на автобусі арки Ікарус-280:

- Δ --- Δ - – без надання перерв;

\diamond — при наданні двох перерв на обід тривалістю по 60 хвилин, шести додаткових простоїв на кінцевих пунктах по 10 хвилин і восьми по 15 хвилин;

— — обідня перерва;

..... – простій на кінцевому пункті;

--- – гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

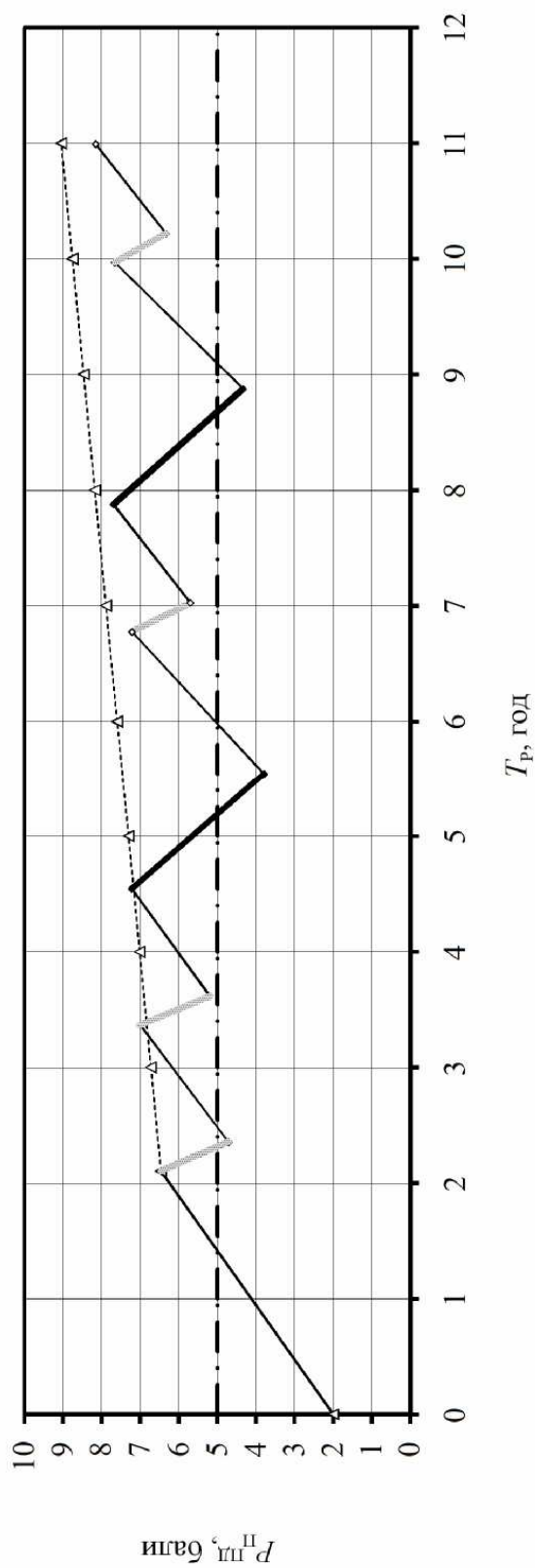


Рис. 2.66 – Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_B/S_A = 20$ при виконанні 6 рейсів маршрутом довжиною 7 км протягом робочого дня на автобусі марки Ікарус-280:

\triangle – без надання перерв;

\diamond – при наданні двох перерв на обід тривалістю по 60 хвилин і чотирьох додаткових простоїв на кінцевих пунктах по 15 хвилин;

— – обідня перерва;

..... – простій на кінцевому пункті;

— · — – гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

По-перше, у них менш інтенсивна зміна стану організму протягом робочого дня. Унаслідок цього зменшується потреба в кількості додаткових періодів короткострокового відпочинку, що збільшує безпосередній час руху протягом робочого дня. По-друге, внаслідок залежності швидкості повідомлення від стажу роботи водія на автобусі, більш досвідчені водії в стані виконати рейс за менший час. Кількість виконаних рейсів залежить від марки рухомого складу. На автобусах Mazda-E2200 водії з параметрами $B_B/S_A = 2$ роблять у 1,7 рази більше рейсів, чим водії з $B_B/S_A = 20$. На автобусах Ікарус-280 це співвідношення збільшується у 3,3 рази.

Планова кількість рейсів також різна для всіх марок транспортних засобів. Це зумовлено зміною швидкості сполучення залежно від параметрів автобусів. Крім того, зі збільшенням номінальної місткості транспортних засобів відбувається відповідна зміна витрат праці водія при виконанні завдання на перевезення, що зумовлює більш інтенсивну зміну значення показника активності регуляторних систем його організму. Унаслідок цього, при розробці графіків роботи зі збільшенням номінальної місткості транспортних засобів виникає необхідність у наданні більшої кількості перерв у роботі для відпочинку і збільшенні їхньої тривалості. На другому етапі графіки роботи склалися для водіїв із середньою кваліфікацією, який відповідає відношенню віку до стажу роботи на автобусі - 7. Наприклад, вік 42 року і 6 років роботи на автобусі. Отримані результати показують, що при стажі понад 5 років вплив цього фактора на стан водія незначний. Результати розрахунків наведені на рис. 2.67 - 2.78. При цьому розглядалися умови праці на маршрутах різної довжини. Були обрані маршрути довжиною 4 км і 15 км.

Аналіз отриманих результатів показує, що зі зменшенням довжини маршруту виникає необхідність компенсувати зміну стану водія протягом робочого дня за рахунок надання йому обідніх перерв більшої тривалості і збільшення кількості додаткових періодів відпочинку.

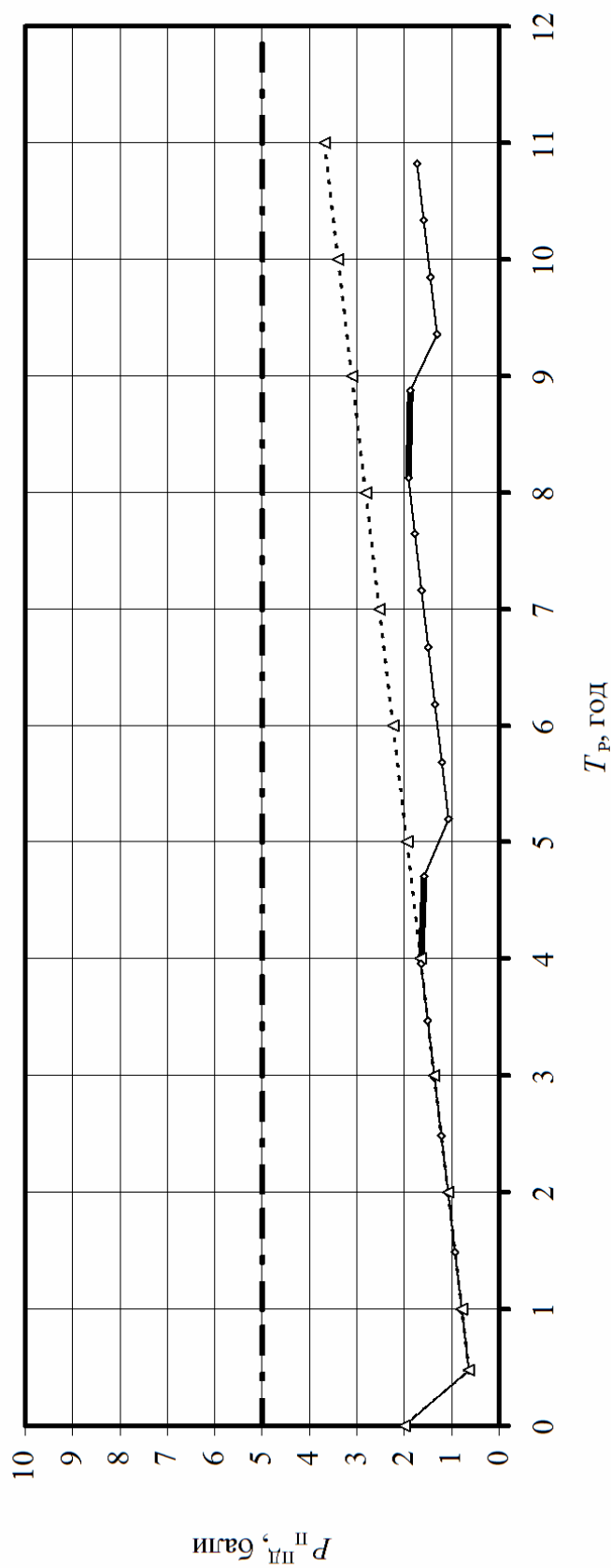


Рис. 2.67 — Графік зміни показника активності регуляторних систем водія з співвідношенням $B_B/S_A = 7$ при виконанні 19 рейсів маршрутом довжиною 15 км протягом робочого дня на автобусі марки Mazda-E2200:

Δ — Δ — без надання перерв;

\diamond — при наданні двох перерв на обід тривалістю по 45 хвилин;

— — обідня перерва;

— . — — гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

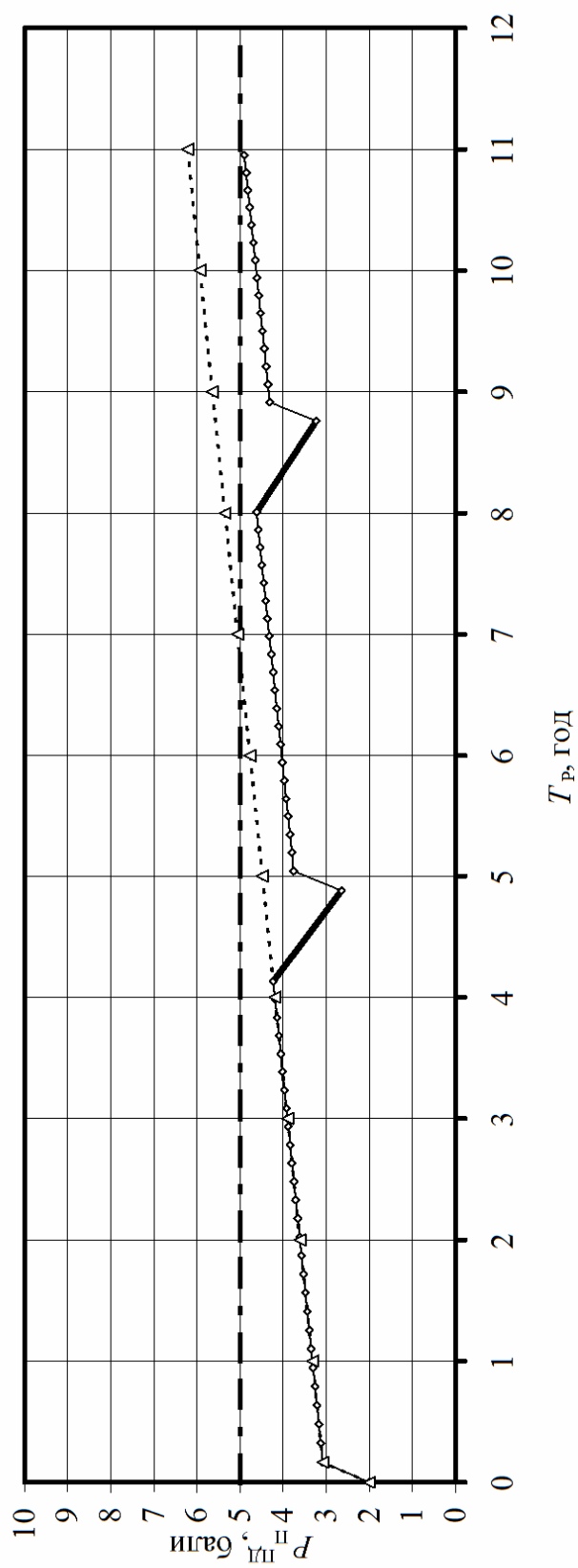


Рис. 2.68 – Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_B/S_A=7$ при виконанні 63 рейсів маршрутом довжиною 4 км протягом робочого дня на автобусі марки Mazda-E2200:

- Δ---Δ- – без надання перерв;
- ◊— – при наданні двох перерв на обід тривалістю по 45 хвилин;
- – обідня перерва;
- - - – гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

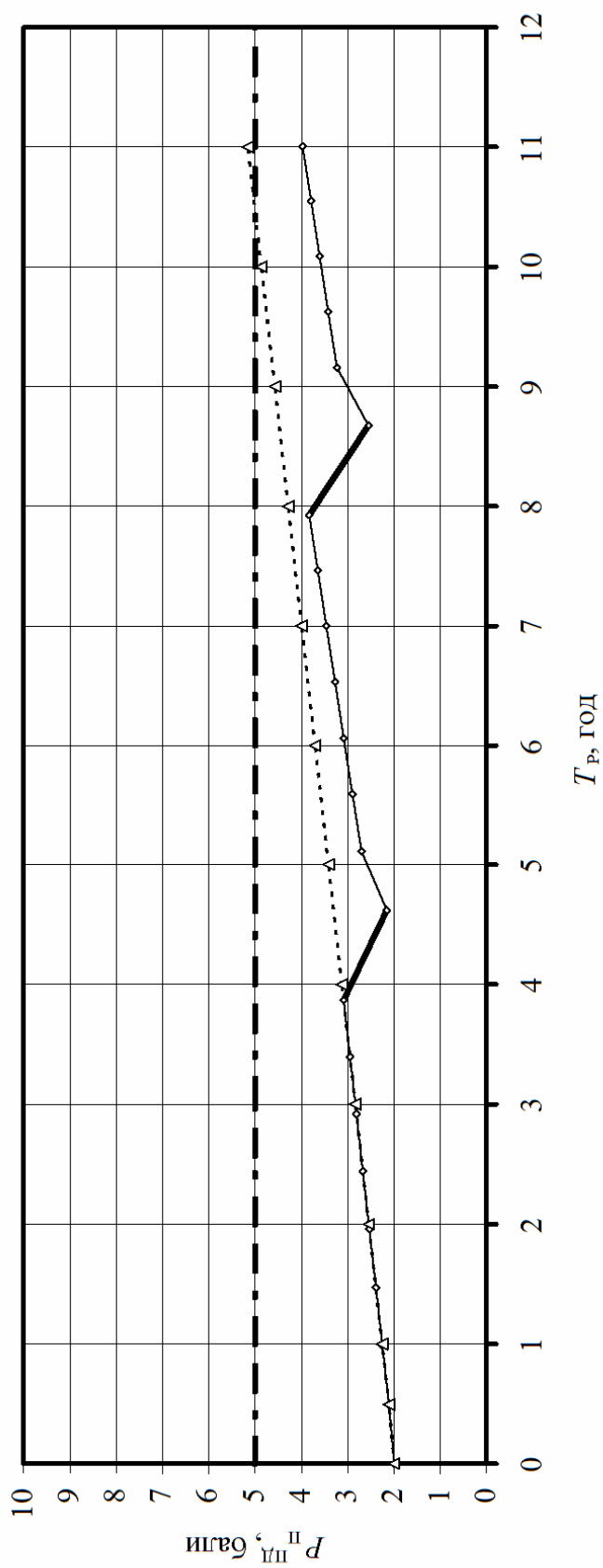


Рис. 2.69 – Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_B/S_A=7$ при виконанні 20 рейсів маршрутом довжиною 15 км протягом робочого дня на автобусі марки Газель-32213:

- Δ --- Δ – без надання перерв;
- \diamond — – при наданні двох перерв на обід тривалістю по 45 хвилин;
- – обідня перерва;
- $- \cdot - \cdot -$ – гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

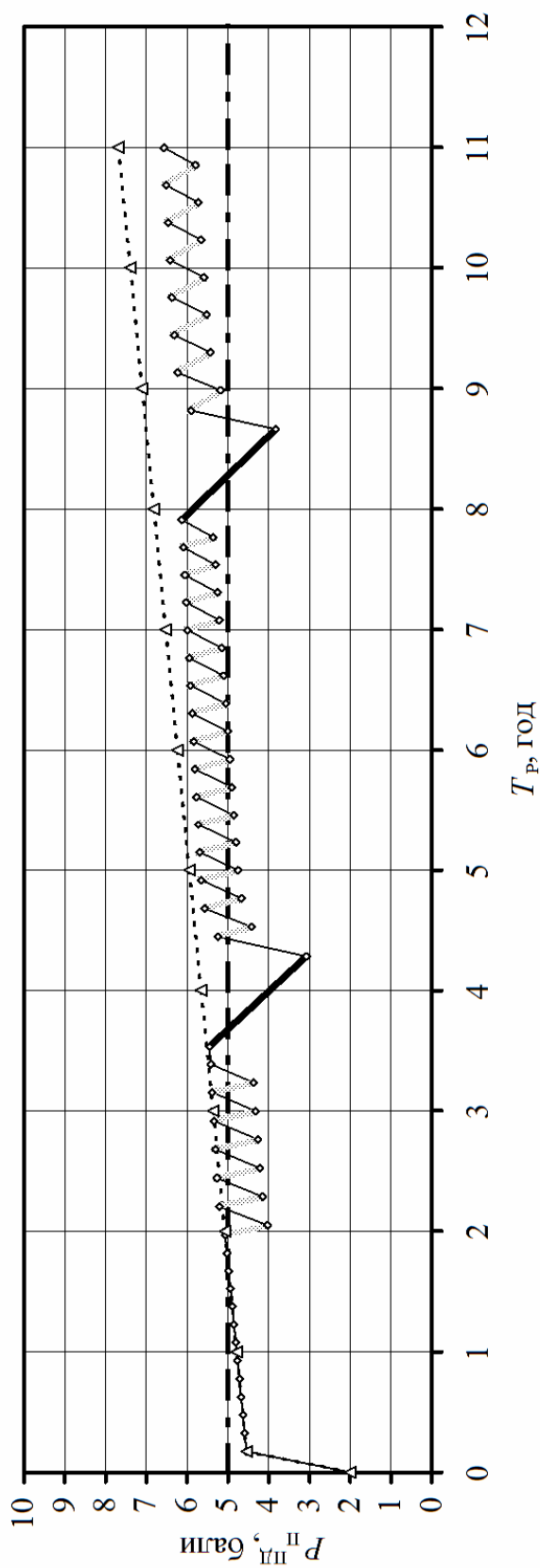


Рис. 2.70 – Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_B/S_A=7$ при виконанні 44 рейсів маршрутом довжиною 4 км протягом робочого дня на автобусі марки Газель-32213:

- Δ---Δ- – без надання перерв;
- ◆— – при наданні двох перерв на обід тривалістю по 45 хвилин, двадцяти одного додаткового простою на кінцевих пунктах по 5 хвилин і семи по 10 хвилин;
- – обідня перерва;
- – простій на кінцевому пункті;
- · — – гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

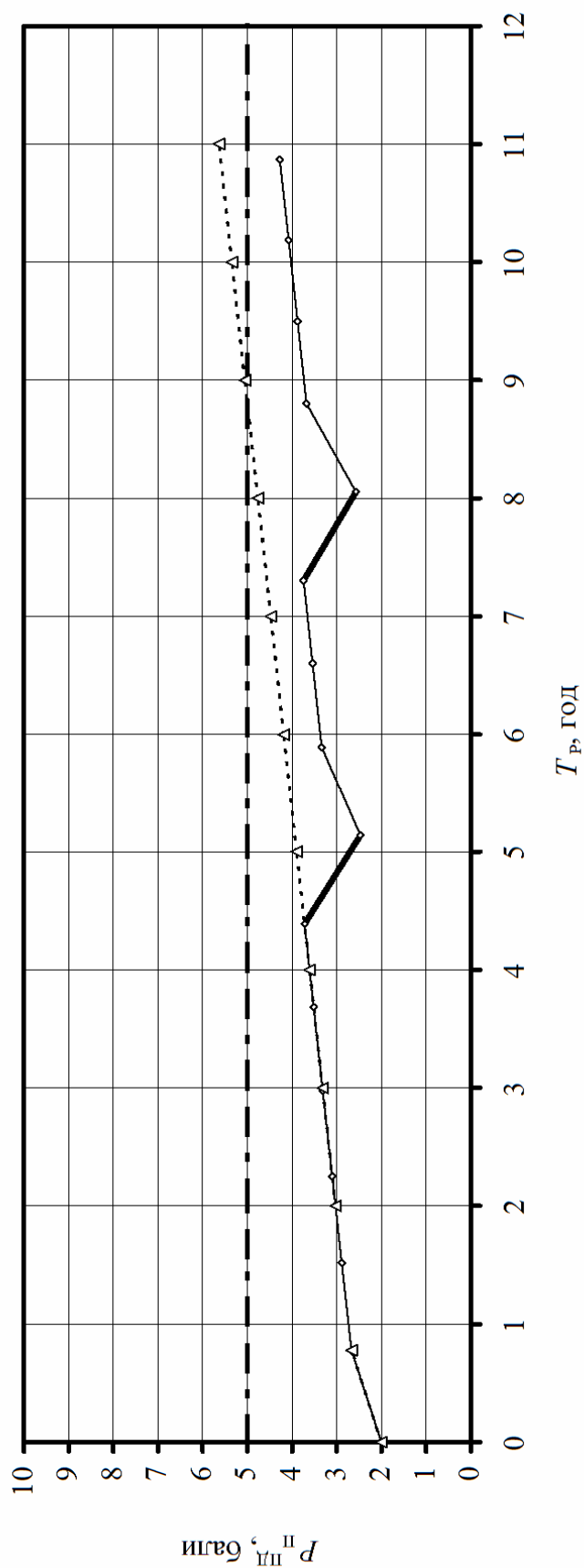


Рис. 2.71 – Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_B/S_A=7$ при виконанні 13 рейсів маршрутом довжиною 15 км протягом робочого дня на автобусі марки Volvo-B10M:

Δ --- Δ – без надання перерв;

\diamond — – при наданні двох перерв на обід тривалістю по 45 хвилин;

— – обідня перерва;

— · — – гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

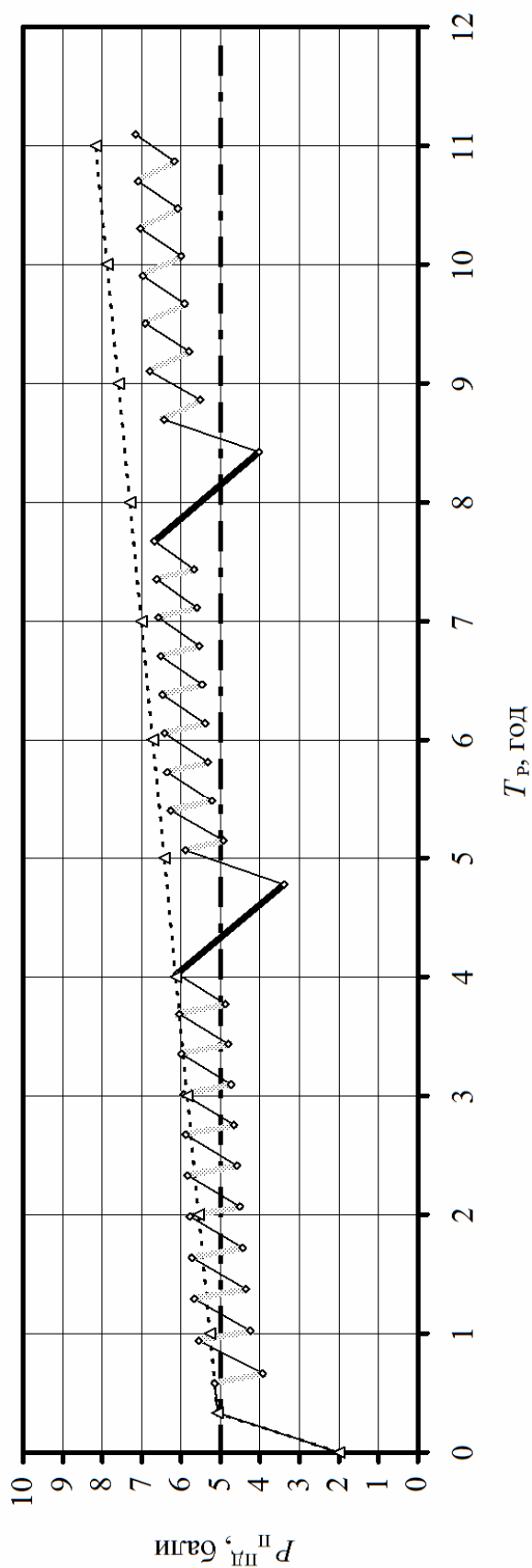


Рис. 2.72 – Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_B/S_A = 7$ при виконанні 28 рейсів маршрутом довжиною 4 км протягом робочого дня на автобусі марки Volvo-B10M:

-Δ-Δ-Δ- без надання перерв;

—◇— при наданні двох перерв на обід тривалістю по 45 хвилин, вісімнадцяти додаткових простоїв на кінцевих пунктах по 5 хвилин і шести по 10 хвилин;

— — обідня перерва;

..... – простій на кінцевому пункті;

— · — — гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

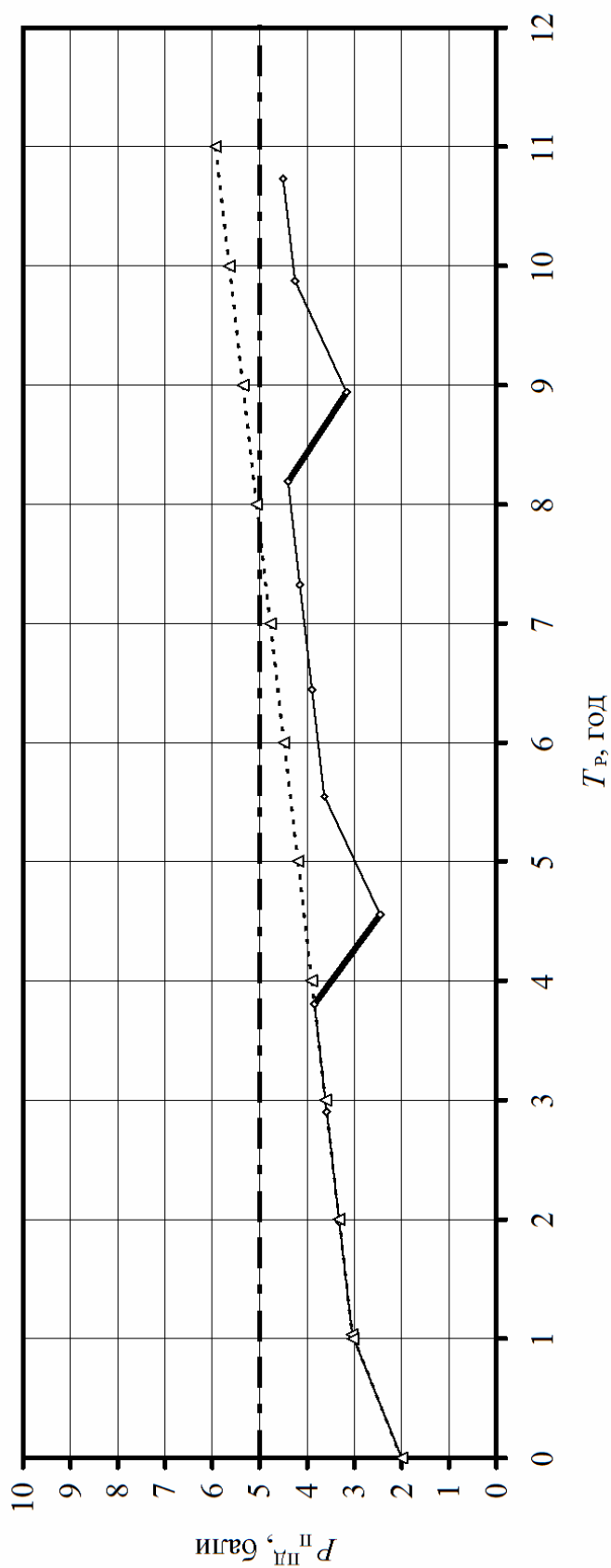


Рис. 2.73 – Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_В/S_A=7$ при виконанні 10 рейсів маршрутом довжиною 15 км протягом робочого дня на автобусі марки Ікарус-260:

-Δ-Δ-Δ- без надання перерв;

◇-◇-◇- при наданні двох перерв на обід тривалістю по 45 хвилин;

— — обідня перерва;

- . - . - гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

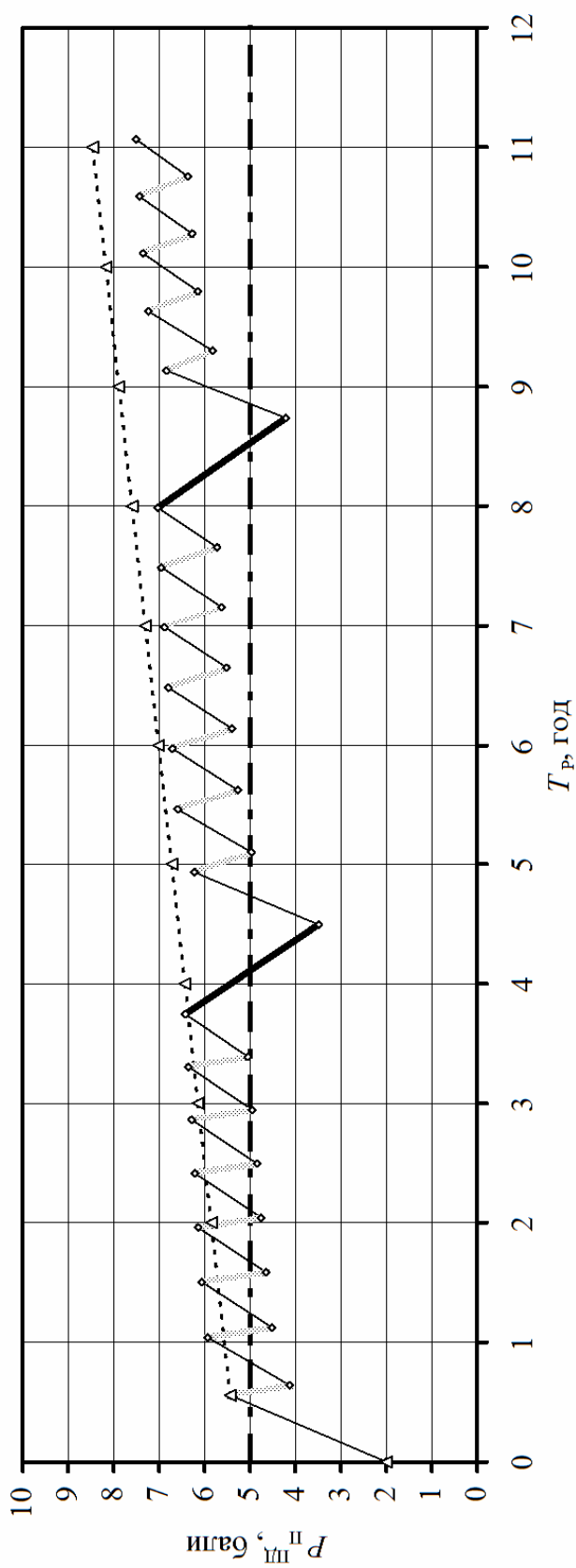


Рис. 2.74 – Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_B/S_A=7$ при виконанні 20 рейсів маршрутом довжиною 4 км протягом робочого дня на автобусі марки Ікарус-260:

-Δ-Δ-Δ- без надання перерв;

—◇— при наданні двох перерв на обід тривалістю по 45 хвилин, семи додаткових простоїв на кінцевих пунктах по 5 хвилин і десяти по 10 хвилин;

— — обідня перерва;

..... — простій на кінцевому пункті;

— — — гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

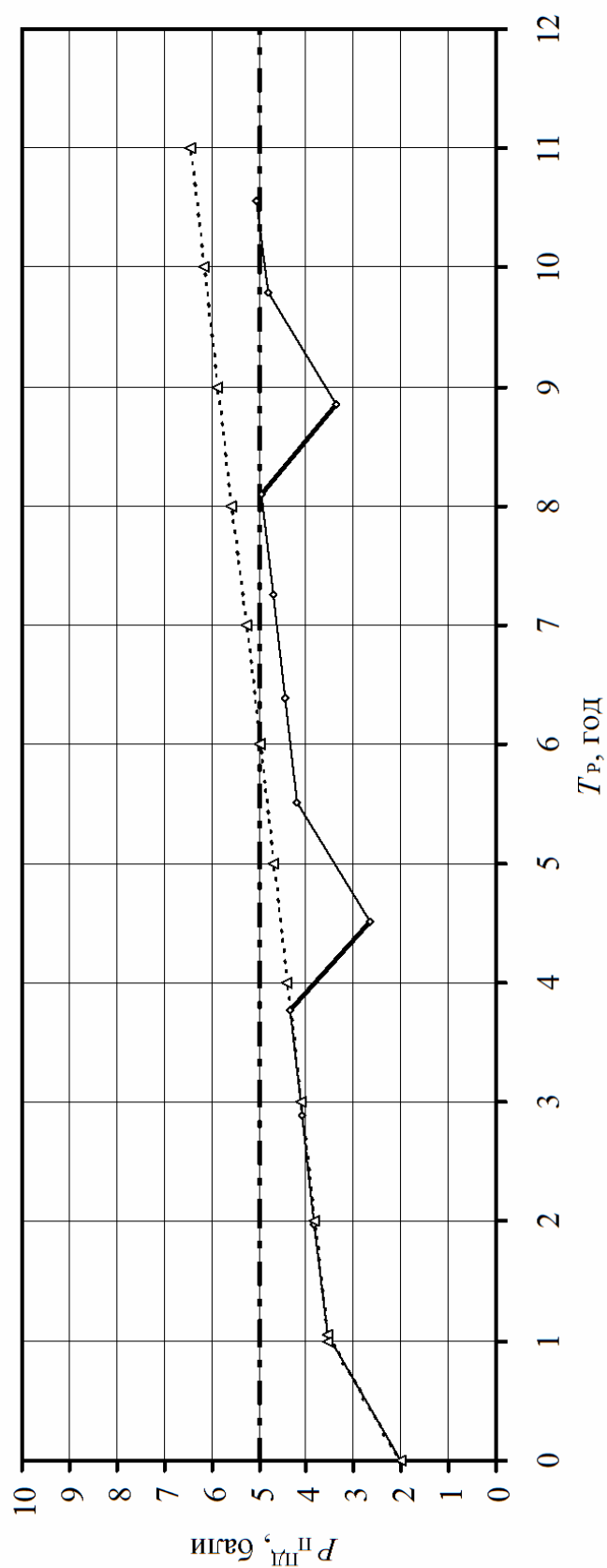


Рис. 2.75 – Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_B/S_A = 7$ при виконанні 10 рейсів маршрутом довжиною 15 км протягом робочого дня на автобусі марки ЛАЗ-695Н:

- Δ - Δ - Δ - – без надання перерв;
- \diamond – при наданні двох перерв на обід тривалістю по 45 хвилин;
- – обідня перерва;
- . - - – гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

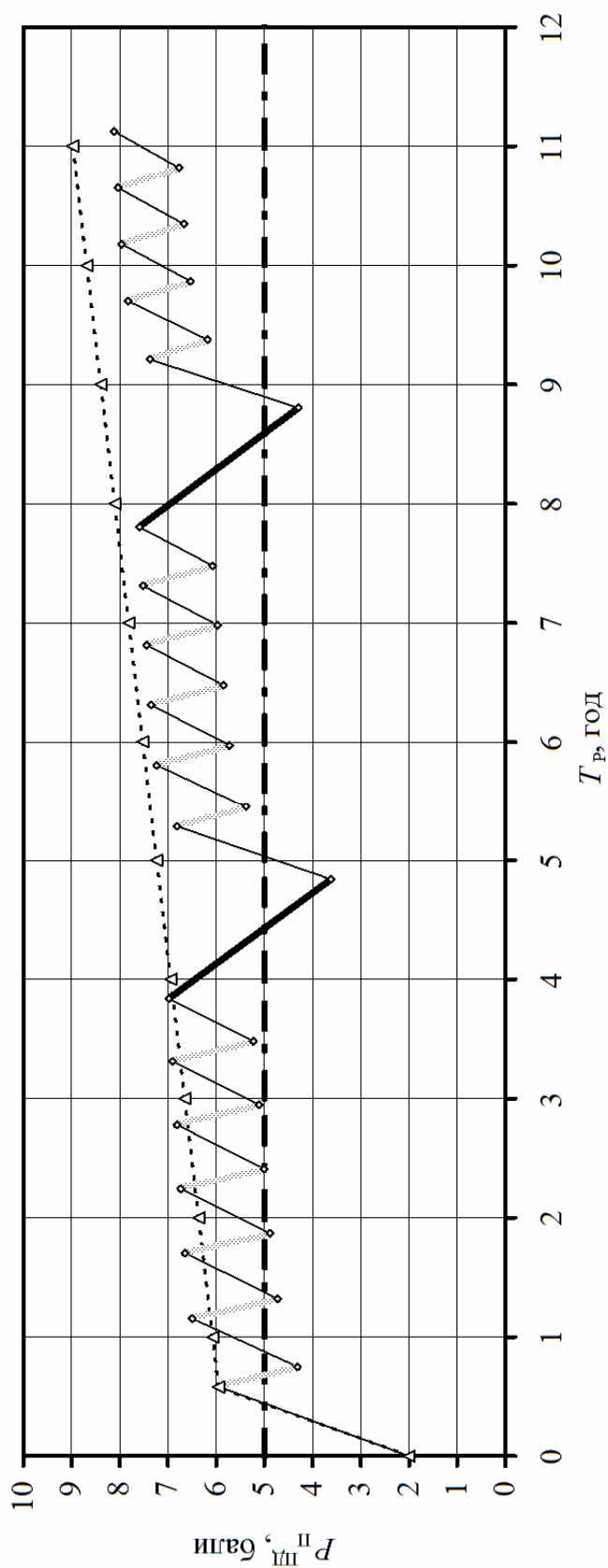


Рис. 2.76 – Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_B/S_A=7$ при

виконанні 18 рейсів маршрутом довжиною 4 км протягом робочого дня на автобусі марки ЛАЗ-695Н:

-Δ-Δ- – без надання перерв;

◊ – при наданні двох перерв на обід тривалістю по 60 хвилин і п'ятнадцяти додаткових простоїв на кінцевих пунктах по 10 хвилин;

— – обідня перерва;

..... – простій на кінцевому пункті;

- . - - – гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

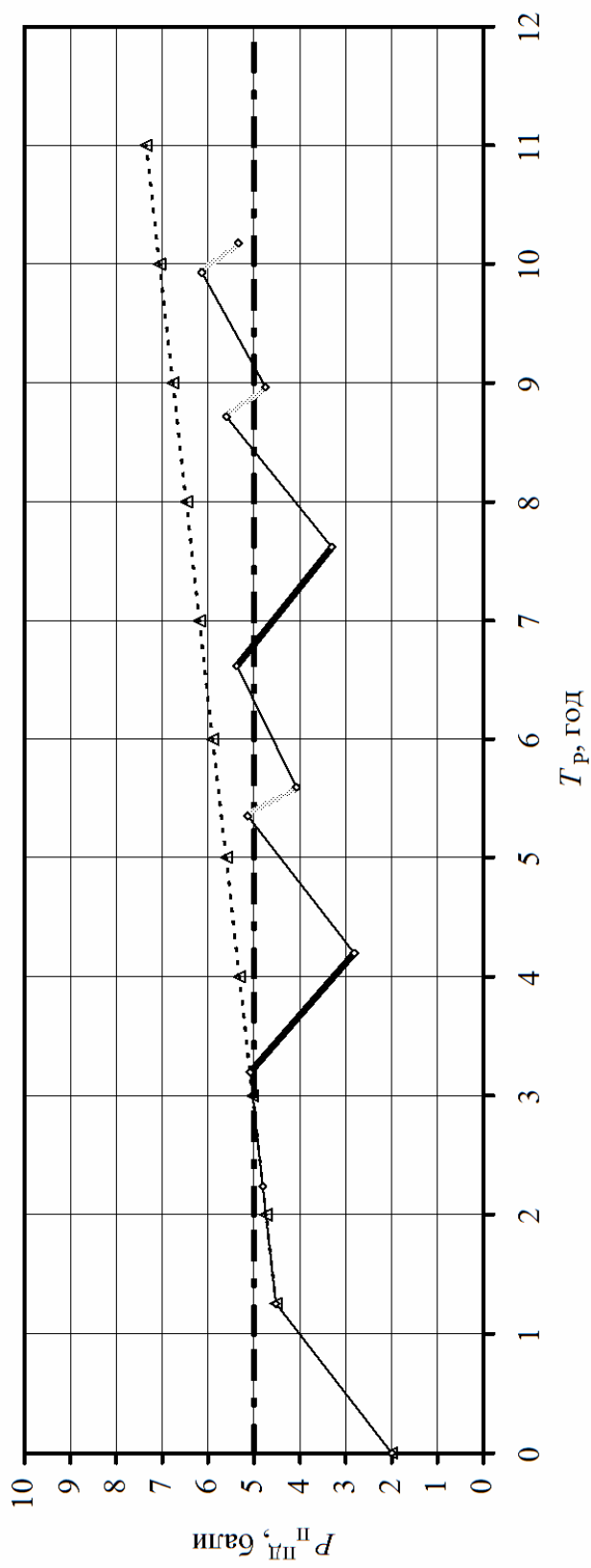


Рис. 2.77 – Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_B/S_A = 7$ при виконанні 9 рейсів маршрутом довжиною 15 км протягом робочого дня на автобусі марки Ікарус-280:

-Δ-Δ-Δ- без надання перерв;

—◇— при наданні двох перерв на обід тривалістю по 60 хвилин і трьох додаткових простоїв на кінцевому пункті по 15 хвилин;

— обідня перерва;

..... – простій на кінцевому пункті;

— — — гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

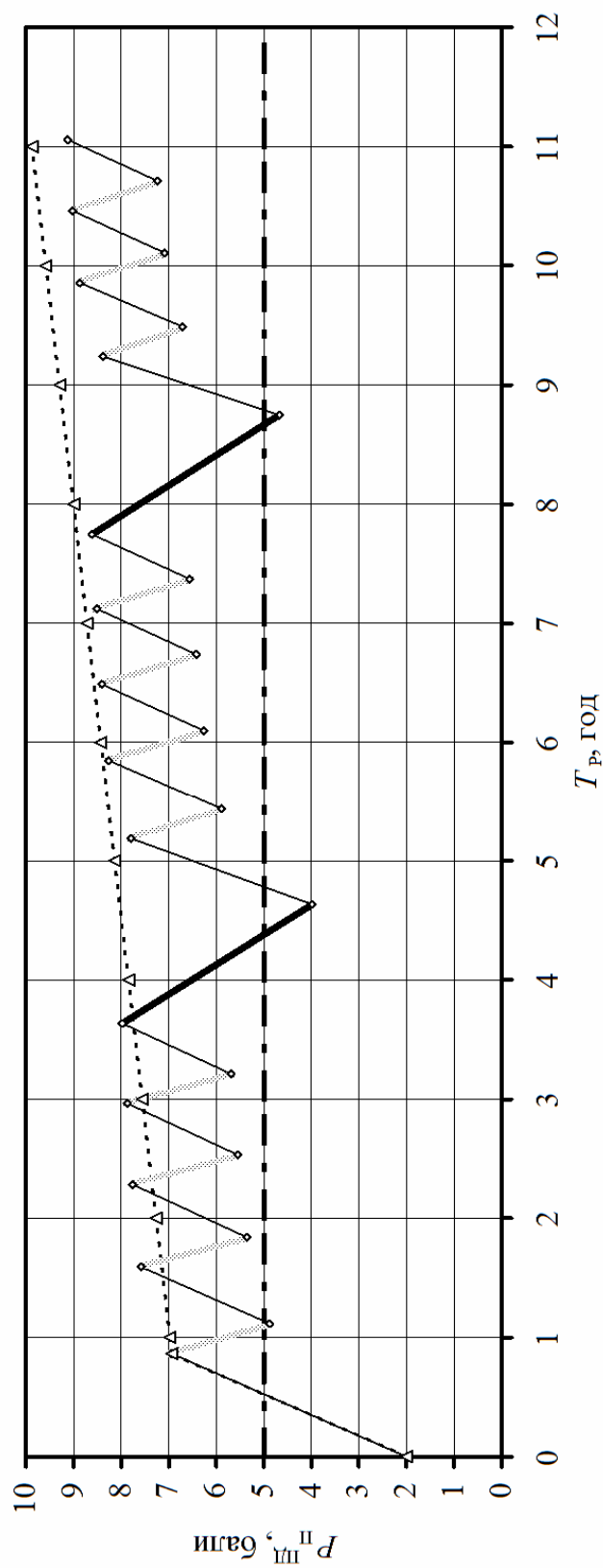


Рис. 2.78 — Графік зміни показника активності регуляторних систем водія зі співвідношенням $B_B/S_A = 7$ при виконанні 13 рейсів маршрутом довжиною 15 км протягом робочого дня на автобусі марки Ікарус-280:

-Δ---Δ- — без надання перерв;

—◆— — при наданні двох перерв на обід тривалістю по 60 хвилин і одинадцяти додаткових простоїв на кінцевому пункті тривалістю по 15 хвилин;

— — обідня перерва;

..... — простій на кінцевому пункті;

— · — — гранично припустиме значення показника активності регуляторних систем водія.

Для більш ефективного використання робочого часу на коротких маршрутах доцільно використовувати більш досвідчених водіїв або транспортні засоби з невеликою номінальною місткістю.

Таким чином, за рахунок складання графіка роботи водія можливо знизити імовірність переходу систем його організму на рівень перенапруги, виснаження і зриву адаптації.

2.4. Питання для самоперевірки та контролю знань

1. Укажіть основні методи раціональної організації перевезення пасажирів.

2. Як пов'язана швидкість руху і емоційна напруга водія?

3. Як впливає монотонність роботи на стан людини і чому?

4. В чому полягає нормування швидкості руху на маршруті?

5. Укажіть основні методи оцінки стану організму водія.

6. Надайте характеристику типів нервової системи людини.

7. Укажіть взаємозв'язок між умовами руху і станом організму водія.

Надайте характеристику їх впливу на транспортні процеси.

8. Як впливає тривалість відпочинку і вік водія на стан його організму?

3. ЕРГОНОМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

3.1. Принципи та завдання ергономічного забезпечення організації дорожнього руху

Організація дорожнього руху має два аспекти: динамічний і статичний. З одного боку – це процес, а з іншого боку – це система заходів, спрямованих на упорядкування обстановки руху, і правил, якими керуються водії та пішоходи під час руху.

Система заходів, спрямованих на розв'язання зазначених завдань може розглядатися як система забезпечення організації дорожнього руху. У структурі цієї системи особливе місце займає ергономічне забезпечення. Варто підкреслити, що термін «ергономічне забезпечення» ще не є загальноприйнятим у галузі організації дорожнього руху, уводиться вперше і вимагає визначення.

Стосовно організації дорожнього руху ергономіку можна розглядати як науку про системну оптимізацію трудової діяльності людини та умов її здійснення у системах «водій – дорога – наземний простір – природне середовище». Принципи ергономічного забезпечення організації дорожнього руху були введені Гавриловим Е.В. та співавторами [339].

Згідно до цієї праці під ергономічним забезпеченням організації дорожнього руху розуміють частину системи організаційних заходів, основним завданням яких є розв'язання всього комплексу питань пов'язаних із системною оптимізацією діяльності водіїв у транспортному потоці.

Ергономічне забезпечення виходить з антропоцентричної концепції організації дорожнього руху. Відповідно до цієї концепції створення технічних засобів діяльності є процес матеріалізації у них перетворених людських функцій. У такій постановці ергономічне забезпечення

організації дорожнього руху зводиться до розробки активних методів побудови структури системи водійської діяльності, що має певні характеристики.

Побудова системи діяльності включає узгодження внутрішніх (психічні процеси, стани, властивості) і зовнішніх (автомобіль, дорога) засобів діяльності.

Теоретичною передумовою узгодження служить організмичний підхід до проектування функціональних структур. Ідея організмичного підходу зводиться до використання принципів природної поведінки водія як об'єктивної основи для створення технічних засобів. Оскільки поведінка водія реалізується у формі руху дорогою, то, говорячи про принципи поведінки, розуміємо закони, яким підкоряється рух транспортних засобів.

Водій є гнучким, пластичним. Це дозволяє йому пристосовуватися практично до будь-якого середовища у межах функціональних можливостей. Однак це пристосування вимагає більших або менших витрат психічної і фізичної енергії (витрат абстрактної праці) залежно від складності умов діяльності. Ціль ергономічного забезпечення – зменшити ці витрати, допомогти водію реалізувати принципи своєї поведінки оптимальним чином за рахунок раціонального вибору параметрів технічних засобів організації руху. Ці параметри повинні формувати властивості технічних засобів, які не суперечать принципам поведінки водія.

У процесі руху водій керується наступними основними принципами взаємодії з природним середовищем:

1. Принцип найменшої взаємодії. Відповідно до цього принципу водій за будь-яких дорожніх умов прагне організувати своє поведіння таким чином, щоб при мінімальній своїй дії забезпечити максимальну ефективність взаємодії. Цей принцип виявляється в тенденції водія звільнити свій організм від напруг і перевантажень і мінімізувати при цьому засоби до існування, виживання, задоволенню потреб та ін.

2. Принцип функціонального гомеостазіса. Цей принцип означає, що водій при розв'язанні завдань досягнення поставленої мети зберігає певну сукупність стабільних у визначених межах функціональних поведень. У вузькому сенсі функціональний гомеостазіс означає, що в процесі руху водій підтримує істотні змінні свого руху у припустимих межах.

3. Принцип сумісності. Відповідно до цього принципу взаємодія водія із середовищем руху допускає цілеспрямовані дії усіх учасників руху, оскільки діяльність людини соціально нормована.

4. Принцип максимізації взаємної інформації. Відповідно до цього принципу водій намагається забезпечити максимум взаємної інформації між стимулами і реакціями.

Завдання зменшення витрат абстрактної праці водія за рахунок раціонального вибору параметрів технічних засобів у варіаційній формі може бути представлена у вигляді

$$Y \xrightarrow{a} \min, \quad (3.1)$$
$$K \leq K_3,$$

де Y - ціна продукування, тобто питомі витрати абстрактної праці водія;

a - оптимізований параметр;

K, K_3 - фактичні та задані фінансові витрати на реалізацію технічного рішення.

Питомі витрати абстрактної праці водія оцінюються за формулою

$$Y = \frac{U}{W}, \quad (3.2)$$

де U - витрати абстрактної праці;

W - продуктивність діяльності водія: $W = VP$;

V - швидкість руху;

P - імовірність утримання швидкості V в заданому інтервалі часу.

Перехід до конструктивних рішень, тобто до добору необхідних властивостей технічних засобів, вимагає застосування техніко-економічних критеріїв. Тому на етапі конструювання цільова функція має вигляд

$$\begin{aligned} K &\xrightarrow{a} \min, \\ Y &\leq Y_3, \end{aligned} \quad (3.3)$$

де Y_3 - задані або припустимі витрати абстрактної праці водія.

Дробовий характер питомих витрат абстрактної праці водія вимагає введення дисциплінуючих умов, які залежно від завдань ергономічного забезпечення можуть бути представлені у вигляді $U = \text{const}$ або $W = \text{const}$.

З урахуванням викладеного, завдання забезпечення реалізації принципу найменшої взаємодії може бути представлене в двох видах:

1. Продуктивність взаємодії задана, тобто $W = W_3$, потрібно відшукати мінімум абстрактної праці на підмножині параметрів функціональної поведінки водія i_2

$$\min_{i_2} U.$$

2. Задані припустимі витрати абстрактної праці водія, тобто $U = U_3$, потрібно максимізувати продуктивність взаємодії за рахунок раціонального вибору параметрів технічних засобів i_1

$$\max_{i_1} W.$$

Задача забезпечення функціонального гомеостазису також має дві варіації.

1. Продуктивність взаємодії задана, тобто $W = W_3$, потрібно

відшукати такі параметри функціонального поведіння водія i_2 , за яких виконується умова

$$U(t, i_2) - U_3(t) = 0, \quad (3.4)$$

де $U_3(t)$ - допустимі витрати абстрактної праці водія.

2. Задані витрати абстрактної праці водія, тобто $U = U_3$, потрібно відшукати такі параметри технічних засобів i_1 , за яких виконується умова

$$W(t, i_1) - W_3(t) = 0, \quad (3.5)$$

де $W_3(t)$ - припустима продуктивність діяльності водія.

Сумісність індивідуальних і соціальних норм поведіння можлива лише в тому випадку, якщо це вигідно всім учасникам дорожнього руху. Вигода можлива лише в тому випадку, якщо підпорядкування індивідуальної соціальної норми призводить до зменшення ціни продукування всіх учасників дорожнього руху, тобто виконується умова

$$Y_{\sum H} < \sum Y_{iH}, \quad (3.6)$$

де $Y_{\sum H}$ - сумарна норма продукування групи учасників руху, що діють відповідно до соціальної норми поведіння;

$\sum Y_{iH}$ - сумарна норма ціни продукування учасників руху, що діють відповідно до індивідуальних норм.

Нехай $Y_{\sum H} = f_1(I)$, $Y_{iH} = f_2(I)$, $i_1 \in I$, $i_2 \in I$. Тоді задача узгодження індивідуальних і соціальних норм поведіння представляється в двох варіантах:

1. Продуктивність взаємодії задана, тобто $W = W_3$, потрібно

відшукати такі критичні значення параметрів функціонального поведіння водія i_2 , за яких виконується умова

$$\sum (U_{iH} = f(i_2)) - [U_{\sum H} = f(i_2)] = 0. \quad (3.7)$$

2. Витрати абстрактної праці задані, тобто $U = U_3$, потрібно відшукати такі критичні значення параметрів технічних систем i_1 , за яких виконується умова

$$\sum [W_{iH} = f(i_1)] - [W_{\sum H} = f(i_1)] = 0. \quad (3.8)$$

Завдання забезпечення максимуму взаємної інформації між стимулами і реакціями також має дві варіації: у першій робиться акцент на зовнішні стимули (i_1), у другий – на реакції водія (i_2):

1. Перший аспект цього принципу може бути представлений у наступній формі

$$L(i_1, i_2) = H(i_1) - H(i_1 / i_2) - \lambda (\sum_j k_j - K_3) \xrightarrow{i_1} \max, \quad (3.9)$$

де $L(i_1 / i_2)$ - функція Лагранжа;

λ - множник Лагранжа;

$H(i_1)$ - безумовна ентропія зовнішніх стимулів;

$H(i_1 / i_2)$ - умовна ентропія (та різноманітність стимулів, на які водій не може правильно зреагувати через обмеженість психофізіологічних можливостей);

k_j - фактичні витрати (ресурс).

2. Другий аспект цього принципу представляється у вигляді

$$L(i_1, i_2) = H(i_2) - H(i_2 / i_1) - \lambda(\sum_j k_j - K_3) \xrightarrow{i_2} \max, \quad (3.10)$$

де $H(i_2)$ - безумовна ентропія реакцій водія;

$H(i_2 / i_1)$ - умовна ентропія (характеризує неточність реакцій водія).

Розробка варіантів проектних рішень з ергономічного забезпечення організації дорожнього руху не має сенсу, якщо відсутня відповідь на питання: яке рішення краще і наскільки? Для цього використовують певні ознаки (критерії) якості рішень. Ці ознаки дозволяють відповісти на питання про те, краще або гірше запропоноване проектне рішення порівняно з еталонним. Для відповіді на питання про те, наскільки краще служать кількісні характеристики розглянутих ознак, тобто показники.

Відповідно до основної ідеї ергономічного забезпечення інтегральним критерієм якості конкретного рішення є ознака мінімуму питомих витрат абстрактної праці водія. Локальними критеріями можуть служити ознаки адекватності технічних засобів діяльності (автомобіля і дороги) принципам природного (не керованого ззовні) поведіння водія. Математичне формулювання критеріїв збігається з формулюванням самих принципів.

Для кількісної характеристики адекватності можуть використовуватися наступні безрозмірні показники:

$$\varphi_1 = \frac{Y_i}{Y_{in}}, \quad \varphi_2 = \frac{\sum_i Y_i}{Y_{\Sigma}}, \quad \varphi_3 = \frac{L(i_1, i_2)}{L(i_1, i_2)_n}, \quad \varphi_4 = \frac{Z(t, i_2)_n}{Z(t)_d}, \quad (3.11)$$

де $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ - показники адекватності технічних засобів діяльності водія принципам найменшої взаємодії, сумісності індивідуальних і соціальних норм поведіння, максимуму інформації між стимулами і реакціями і функціонального гомеостазису відповідно;

Y_i, Y_{in} - питомі витрати абстрактної праці і їхня норма;

$\sum_i Y_i, Y_{\Sigma}$ - сумарні питомі витрати абстрактної праці водіїв, що діють відповідно до індивідуальних і групових норм поведіння відповідно;

$L(i_1, i_2), L(i_1, i_2)_n$ - фактична і нормальна функції Лагранжа за інформаційними характеристиками поля сприйняття водія;

$Z(t, i_2)_n, Z(t)_d$ - нормальна і припустима функції поведінки водія.

Тут і далі під нормальними характеристиками процесу руху розуміють оптимальні і найбільш адекватні задачам і умовам функціонування транспортної системи.

Функція Лагранжа представляється у вигляді

$$L(i_1, i_2) = H(i_1) - H(i_1 / i_2) - \lambda(\sum_i k_i - K_3) = H(i_2) - H(i_2 / i_1) - \lambda(\sum_i k_i - K_3), \quad (3.12)$$

де i_1, i_2 - параметри технічних засобів діяльності і функціональних поведінок водія;

k_i, K_3 - фактичні і припустимі капітальні вкладення (витрата ресурсу);

$H(i_1), H(i_2)$ - безумовні ентропії стимулів і реакцій відповідно;

$H(i_1 / i_2), H(i_2 / i_1)$ - умовні ентропії;

λ - невизначений коефіцієнт Лагранжа.

Стосовно до ергономічного забезпечення організації дорожнього руху адекватність технічних засобів принципам природного поведіння водія варто вести саме за параметрами поведіння, тобто за i_2 . Тому як дисциплінуючу умову варто приймати $U = const$. Тоді показники адекватності $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ можуть бути представлені у вигляді

$$\varphi_1 = \frac{W_i}{W_{in}}, \quad \varphi_2 = \frac{\sum_i W_i}{W_{\Sigma}}, \quad \varphi_3 = \frac{i_2}{i_{2n}}, \quad (3.13)$$

де W_{in}, i_{2n} - норми продуктивності і параметра поведінки.

Показник адекватності φ_4 розпадається на три показники, що немов би зважують функціональні норми поведіння на вагах інстинкту самозбереження:

$$\varphi_{41} = \frac{W_{in}}{W_{iD}}, \quad \varphi_{42} = \frac{W_{\Sigma}}{W_{\Sigma, D}}, \quad \varphi_{43} = \frac{i_{2H}}{i_{2D}}, \quad (3.14)$$

де $W_{iD}, W_{\Sigma, D}, i_{2D}$ - припустимі характеристики поведінки.

Для виключення тривіальних рішень на показники адекватності накладається умова

$$\sum_j \varphi_j = 1. \quad (3.15)$$

Вихід за межі припустимих значень локальних показників адекватності у випадку агрегації оцінок може бути врахований за допомогою певного доповнення до узагальненого показника у вигляді

$$b = 0 \quad \text{при} \quad \varphi < \varphi_{\Pi},$$

$$b = \sum_{j=1}^m [1 + (\varphi_j - \frac{1}{\varphi_j})] \quad \text{при} \quad \varphi \geq \varphi_{\Pi}, \quad (3.16)$$

де m - кількість показників, для яких $\varphi \geq \varphi_{\Pi}$.

Таким чином, у рамках розглянутого методу оцінки узагальнений показник адекватності організації дорожнього руху принципам природної поведінки водія може бути представлений у вигляді

$$F = \frac{\sum_j^3 \varphi_j \varphi_{4j}}{\sum_j^3 \varphi_{4j}} + b, \quad (3.17)$$

$$\text{або} \quad F = \frac{\varphi_1 \varphi_{41} + \varphi_2 \varphi_{42} + \varphi_3 \varphi_{43}}{\varphi_{41} + \varphi_{42} + \varphi_{43}} + b. \quad (3.18)$$

Аналіз формули для оцінки узагальненого показника адекватності показує, що в нормі $\varphi_j = 1$ і $F = 1$.

Введення заходів, спрямованих на підвищення ступеня адекватності організації дорожнього руху принципам природного поводження водіїв, призводить до зміни узагальненого показника на величину

$$\Delta F = F - F_0, \quad (3.19)$$

де F_0, F – узагальнені показники відповідності до і після введення ергономічних заходів.

Величина ΔF є результатом цілеспрямованої діяльності організаторів дорожнього руху і тому може розглядатися як кількісна оцінка ефекту від реалізації проектних рішень.

$$\text{Оптимальний ефект} \quad \Delta F_{opt} = 1 - F_0. \quad (3.20)$$

Для одержання ефекту необхідні визначені капіталовкладення K . Відношення ΔF до K характеризує ефективність реалізації проектних рішень:

$$E = \frac{\Delta F}{K}, \quad (3.21)$$

де E - коефіцієнт ефективності.

Ефективність оптимального ефекту оцінюється коефіцієнтом

$$E_{opt} = \frac{1 - F_0}{K_{max}}, \quad (3.22)$$

де K_{max} - капіталовкладення для одержання оптимального ефекту ΔF_{opt} .

Відношення фактичної ефективності до оптимального характеризує потенційну ефективність або ергономічність проектного рішення:

$$e = \frac{E}{E_{opt}} = \frac{(F - F_0) K_{max}}{1 - F_0} \frac{1}{K}, \quad (3.23)$$

де e - коефіцієнт потенційної ефективності (ергономічності) проектного рішення.

Коефіцієнт ергономічності змінюється в межах $0 \leq e \leq 1$ і може використовуватися як для окремих заходів, так і для їх сукупності.

У загальному випадку можна вважати, що зміна реалізованого рівня ефективності в процесі освоєння організаційної системи описується виразом

$$E = E_0 + (E_{max} - E_0)[1 - \exp^{-\frac{1}{t_0}}], \quad (3.24)$$

де E_0 - вихідна ефективність;

E_{max} - максимально можлива ефективність;

t_0 - постійна часу освоєння системи заходів.

Оцінка ергономічності проектних рішень дозволяє одержати чітке уявлення про ступінь відповідності організації дорожнього руху вимогам водіїв і виявити нереалізовані «запаси» ефективності системи при певному рівні її ергономічності.

3.2. Закономірності формування транспортних потоків у містах

3.2.1. Формування транспортних потоків і людський фактор

У сучасних умовах зростання рівня автомобілізації виникає безліч проблем у системі організації дорожнього руху, більшість з яких вимагають найшвидшого вирішення. З метою підвищення ефективності використання існуючих транспортних систем міст, необхідна розробка багатофункціональних систем управління дорожнім рухом. При цьому одним з першочергових завдань є управління транспортними потоками [323]. Проектування розвитку і реконструкції вулично-дорожньої мережі найбільших міст неможливо уявити без надійного прогнозу розмірів руху на її ділянках. На основі цього прогнозу можуть виконуватися необхідні перспективні транспортні розрахунки і конкретизовані вимоги до розвитку вулично-дорожньої мережі в цілому, окремим її елементам і планувально-технічним параметрам [234, 335 - 338]. Організація і управління дорожнім рухом неможливі без інформації про закономірності формування транспортних потоків і їхній розподіл по ділянкам вулично-дорожньої мережі [323]. Ефективність застосованих засобів організації руху багато в чому залежить від правильності визначення перспективної інтенсивності руху [339].

Однак, втручання у транспортний потік у вигляді реалізації одного або комплексу заходів може бути виправдане тільки в тому випадку, якщо отримано об'єктивно обґрунтований очікуваний ефект у зоні дії цих заходів без збитку для ефективності і безпеки руху в сусідніх зонах [324].

Управління рухом транспортних потоків є прикладом управління складною системою з притаманними їй властивостями: наявністю мети управління; великим розміром за кількістю виконуваних функцій; складним, імовірним і динамічним поведінням, що проявляється у взаємозв'язку підсистем і вимагає зворотного зв'язку при управлінні [340].

Об'єктом керування в системі є транспортний потік, який можливо описати сукупністю ознак, що характеризують процес руху: інтенсивність, швидкість, склад і деякі інші показники. З погляду різних користувачів системою дорожнього руху, можливо виділити різні цілі управління [341]. Містобудівникам необхідно максимізувати обсяги руху через вулично-дорожню мережу міста. З позиції фахівця з організації дорожнього руху метою є максимальне використання пропускної здатності мережі. Для співробітників автомобільної інспекції головним завданням управління є мінімізація кількості дорожньо-транспортних пригод. Учасники дорожнього руху оцінюють можливість руху з бажаною швидкістю, ступінь стомлюваності, ступінь зносу транспортного засобу, довжину поїздки та ін. [340].

Транспортний потік виступає як особливе фізичне явище зі своїми закономірностями і характеристиками, що не можуть бути застосовані до кожного автомобіля окремо [341]. На думку дослідників, потоки на мережі формуються в результаті локальних взаємодій окремих часток потоку між собою або з навколишнім середовищем, причому взаємодія здійснюється під впливом ряду факторів, у більшості ситуацій – випадкових. Такий процес утворення потоків, що має характер стохастичних взаємодій, умовно називають самоорганізацією, а відповідні системи передачі інгредієнтів у мережах – дескриптивними [342]. Потоку транспортних засобів притаманні цілком визначені властивості: динамічний і імовірнісний характер поведінки об'єкта управління, активність учасників руху [340]. Ця активність і визначає самоорганізацію процесу утворення потоків у зв'язку з тим, що при цьому особливу роль починають відігравати інтереси окремих індивідів, їхніх груп та інші суб'єктивні фактори [342].

Фізично потік складається з окремих автомобілів, що мають різні динамічні характеристики і якими керують водії з різною кваліфікацією і психофізіологічними характеристиками, що мають різні цілі поїздки (у

часі й у просторі) [340, 343 - 345]. Цього ж висновку дійшли автори праці [346], які відзначають, що кількість транспортних засобів, що використовують дорогу, являє собою сукупність водіїв, які задовольняють деякі приватні цілі. Таким чином, основні параметри транспортного потоку (швидкість, щільність, склад і інтенсивність руху [234, 323, 324, 341, 343, 347, 348]) пов'язані з можливостями, потребами і характеристиками водія й автомобіля [345].

Імовірнісний характер транспортного потоку зумовлений наявністю в ньому активного елементу – людини, дії і поведінки якої важко прогнозувати [340, 349]. Водій має здатність цілеспрямованого поведінки в складних ситуаціях та адаптації в нових умовах руху [340]. Основна задача кожного водія: проїхати від пункту відправлення до пункту призначення існуючою вулично-дорожньою мережею [234]. Він сприймає і переробляє інформацію стосовно умов руху і реалізує задану дорожніми умовами програму руху автомобіля [323].

Усі автомобілі, що рухаються в транспортному потоці, можна поділити на маршрутизовані (трамваї, тролейбуси, автобуси та ін.), що мають постійні маршрути руху і не вправі їх змінювати незалежно від реальної транспортної ситуації, і немаршрутизовані, наприклад особисті автомобілі [342], водії яких вільні у виборі маршруту руху [340]. Однак, на думку авторів роботи [340], наявність маршрутизованого транспорту в мережі означає лише додаткове навантаження на ділянках. За даними раніше проведених досліджень розподіл складу транспортного потоку за видами наступний: легкові автомобілі 80-90%, вантажні 5-15%, мотоцикли 5-15% [350]. Таким чином, визначивши маршрути руху немаршрутизованого транспорту, можна визначити параметри транспортних потоків на ділянках вулично-дорожньої мережі.

Обмежені можливості щодо пропускної здатності, комфортності проїзду деяких елементів вулично-дорожньої мережі в місті змушують водіїв користуватися іншими елементами [351]. Практично аналогічного

висновку дійшли автори праці [346], які відзначають, що існують дві важливі характеристики дороги: пропускна здатність і рівень обслуговування дороги. Якщо перша складова оцінює дорогу з позицій умов руху, друга характеристика описує її з погляду людини. До того ж відзначається, що визначення межі і діапазону величини рівня обслуговування є одним з головних завдань при оцінці альтернативних варіантів проектних рішень організації дорожнього руху.

Водії прагнуть так керувати автомобілем, щоб забезпечити найменшу зміну швидкості і мінімальні відхилення від комфортних умов [345]. В основі формування і розподілу транспортних потоків лежить колективне поведіння учасників дорожнього руху. У результаті того, що кожен учасник руху обирає свій маршрут, виходячи з очікуваних представлень про завантаження, комфорт, час руху й інші фактори, у транспортній мережі складається загальна картина транспортних потоків [340, 348]. Дослідження процесу формування потоків припускає такий його опис, який би відповідав реальному колективному поведінню учасників руху, і пошук таких кореспонденцій і потоків, що були близькі до реальних в мережі [342]. Найслабшою ланкою при вивченні транспортних проблем є опис поведінки водія. При розгляді цього питання дослідники і практики усе ще спираються головним чином на здогади і теоретичні припущення [345]. На їхню думку, необхідні широкі експерименти щодо з'ясування рішень, якими керується водій при виборі маршруту руху [352].

3.2.2. Фактори, що впливають на вибір водієм шляхів сполучення

При дослідженні закономірностей прийняття рішень учасниками дорожнього руху головним є поведінковий аспект проблеми управління транспортними системами, формальний опис якого становить одну із найскладніших задач [348]. Маршрути руху визначаються водіями

автомобілів відповідно до їхніх власних інтересів [342]. Процес вибору відбувається індивідуально і не залежить від рішень, прийнятих іншими водіями [348]. При цьому мається набір альтернативних варіантів маршрутів до пункту призначення; кожний із варіантів у різній мірі задовольняє кожний індивід; потрібно знайти стійкий розподіл усієї безлічі індивідів [348].

У процесі прийняття рішення людина переважно прагне до мінімізації витрат і максимізації виграшу в широкому розумінні цього слова [324]. Включаючи в транспортний потік, водії мають на меті різне. При цьому складність при визначенні закономірностей ухвалення рішення водієм зумовлюється безліччю факторів, що характеризують альтернативні маршрути і суб'єктивний характер ухвалення рішення, тобто кожен індивід обирає найбільш важливі для нього характеристики [348]. Ухвалення рішення супроводжується порівнянням можливих варіантів рішень на основі досвіду керування, психофізіологічного стану, особистісних характеристик [324].

У праці [352] автор припускає, що при виборі маршруту руху водії як критерії використовують мінімізацію тривалості або відстані поїздки. При цьому відзначається, що найбільш реальним критерієм є тривалість поїздки. На думку інших дослідників, водій визначає «кращий» маршрут виходячи з кількості змінних поїздок і обслуговування – тільки одним із яких може бути час поїздки – і повинний вгадати умови пересування протягом усього маршруту до початку поїздки [346].

Інші дослідники [348] відзначають, що для кожного з альтернативних варіантів індивід будує свою функцію корисності, яку можна представити лінійною залежністю від характеристик альтернатив. При цьому враховуються параметри, що характеризують якість обслуговування в кожному варіанті, і є випадковими величинами (час проїзду, очікування та ін.). Усі варіанти водій оцінює на фоні численних випадкових впливів (наявний на певний момент ресурс часу, стан здоров'я,

погодні умови й ін.) і приймає рішення незалежно від інших учасників руху. Кожний з можливих шляхів руху має свої характеристики, що залежать від розміру потоку (витрати часу на проїзд ділянками мережі) і які не залежать (довжина шляху, кількість поворотів на шляху руху) [351]. Таким чином, розподіл обсягів руху транспортних потоків різними маршрутами ґрунтується на бажанні водіїв здійснювати поїздки між різними пунктами відправлення і призначення, і залежить від ступеня розвитку дорожньої мережі [234]. Обирати маршрут руху користувач буде шляхом порівняння величини і вартості поїздки при заданому рівні обсягу руху [346].

Автори роботи [346] відзначають, що витрати на поїздку є комбінованою величиною ресурсів грошей, часу і людських ресурсів, що враховуються при виконанні поїздки. Найбільш загальною характеристикою є рівень обслуговування, що становить собою якісну характеристику умов роботи водія [345, 346]. Він становить собою загальні труднощі виконання поїздки [346]. До рівня обслуговування належать наступні фактори: швидкість і час, витрачений на поїздку; перерви в русі; свобода маневрування; безпека; зручність керування автомобілем; експлуатаційні витрати [345, 346]. Внаслідок цього, на думку дослідників, модель вибору повинна будуватися за ймовірнісним принципом [343, 353]. Однак, незважаючи на імовірний характер вибору шляхів сполучення кожним водієм, стабільні режими руху, що спостерігаються в містах, свідчать про те, що результатом індивідуальних рішень учасників руху є загальний стійкий стан потоку [348].

При виборі шляху сполучення водії використовують різні критерії [340]. Найбільш реальним критерієм є тривалість поїздки [352]. Англійські вчені встановили, що до 75% водіїв здійснюють поїздки, керуючись критерієм часу [354]. Час, що витрачається на функції життєдіяльності, можна розглядати як продуктивні витрати добового часу людини; час, що витрачається на сполучення, – як невиробничі витрати. Витрачаючи

мінімум часу на сполучення, людина має вигравати у часі для основних функцій життєдіяльності [355]. Також, оцінка ступеня зручності поїздки на автомобілі пов'язана зі швидкістю руху або з її зворотною величиною – тривалістю поїздки [234]. Однак, незручності, випробовувані водієм, не завжди відбиваються через тривалість поїздки [345].

У праці [356] вказується ряд критеріїв, що визначають якість переміщення учасника руху. Це статистики при фіксованому маршруті: час проїзду, кількість зупинок, час очікування в чергах, середня швидкість, витрата палива, дисперсія швидкості, емоційне перевантаження і т.д. Ці показники не є незалежними, однак вибір стратегії поведінки з урахуванням їх значень всіма учасниками насиченого транспортного потоку призводить до конкуренції, при якій неможливо забезпечити певний критерій значної частини цього потоку. Внаслідок вищезазначеного, критерії необхідно поширити на потік у цілому, або на наявні кластери потоку вулично-дорожньої мережі.

Деякі дослідники доповнюють, що під час вибору шляху руху, водіїв цікавить можливість витратити на поїздки не занадто багато часу, безпека і комфорт [340, 348]. У більшості моделей, у якості критерію вибору шляху сполучення, враховується тільки час руху. При цьому твердження, що шлях, який забезпечить мінімальний час руху, буде найбільш комфортабельним вірно не повною мірою.

Категорія комфорту визначається комплексом різноманітних факторів, що впливають на фізичний і психологічний стан у процесі пересування. Можна сказати, що дискомфорт підвищує психологічну і фізичну втоми. Отже, показник комфорту можна виміряти ступенем психологічної і фізичної втоми [357]. Це відповідає принципу найменшої взаємодії [155], відповідно до якого водій за будь-яких дорожніх умов прагне організувати свою поведінку таким чином, щоб при мінімальній своїй дії забезпечити максимальну ефективність взаємодії із середовищем руху. Цей принцип виявляється в тенденції водія звільнити свій організм від напруг і

перевантажень і максимізувати при цьому засоби задоволення своїх потреб. При дослідженні динаміки зміни шкірно-гальванічної реакції водія під час проїзду дорогою було помічено, що епюра шкірно-гальванічної реакції практично збігається з графіком аварійності на дорозі [52, 358]. З цього можна зробити висновок, що за динамікою зміни стану водія в процесі руху можна судити про рівень його безпеки. Отже, про комфортабельність і безпеку руху визначеним шляхом сполучення можна судити за зміною стану водія в результаті здійснення поїздки. У праці [359] автори вказують, що водії при виборі маршруту руху можуть намагатися мінімізувати втрати нервової енергії. Автори праці [340] відзначають, що психофізіологічні характеристики водіїв разом з цілями поїздки, віком і майстерністю водіння, визначають колективне поведіння учасників руху, що лежить в основі формування і розподілу транспортних потоків.

Таким чином, водії немаршрутизованого транспорту при виборі шляху руху від пункту відправлення до пункту призначення спираються на особисту оцінку якості руху виходячи з розуміння часу поїздки, безпеки, комфорту й інших факторів [340, 360, 361]. Однак, облік повної множини факторів, що впливають на вибір можливого шляху руху, становить собою досить складне завдання. Внаслідок цього, при проведенні досліджень використовувалися різні припущення. Так у праці [340] передбачалося, що єдиним фактором, який впливає на вибір водієм маршруту руху, є передбачуваний ним час проїзду від початкового до кінцевого пункту маршруту; всі учасники руху обирають свої маршрути без попередньої домовленості один з одним. Автори у праці [362] відзначають, що для одержання інформації про дорожній рух необхідно віддавати перевагу параметрам, пов'язаним з часом руху.

На думку автора праці [363], положення транспортних засобів у просторі і в часі, розглянуті як стохастичні процеси, не є ідентичними. Це пояснюється тим, що швидкість руху не залишається постійною.

Унаслідок цього, на думку цього дослідника, при вивченні часу руху не можна не враховувати зміну швидкості.

У праці [364] у якості критерія ефективності розподілу транспортних потоків мережею використовується сумарний час проїзду мережею і робляться наступні припущення: враховується тільки чистий час пересування дугами мережі, нехтуючи затримками на перехрестях; не враховуються поступові і випадкові зміни в часі руху і приймається, що цей час залежить тільки від інтенсивності руху. У праці [234] відзначається, що на вибір шляху сполучення впливає час руху або відстань між зонами, швидкість руху, співвідношення між інтенсивністю і пропускною здатністю дороги. Інші дослідники у праці [356] відзначають, що при виборі маршруту руху необхідно враховувати не тільки довжину маршруту, але і параметри перегонів. Зокрема кількість смуг руху і стан транспортного потоку. Автори відзначають, що водій обирає маршрут, на якому щільність потоку нижча.

Крім того, деякі дослідники використовували вищенаведені фактори в різному їхньому сполученні при розробці методів визначення маршрутів руху. Унаслідок цього виникає необхідність їх аналізу.

3.2.3. Методи визначення шляху сполучення

Розробкою методів розподілу потоків транспортних засобів вулично-дорожньою мережею займалася велика кількість дослідників. У праці [359] формулюються основні вимоги, яким повинна задовольняти математична модель цього процесу: можливість опису намагання водіїв мінімізувати втрати, пов'язані з поїздкою; необхідність враховувати можливість здійснення поїздок декількома шляхами сполучення; відображення факту зниження швидкості залежно від завантаження магістралі й інших факторів.

Найбільш простий метод визначення маршрутів руху дослідники

назвали «усе або нічого». Він полягає в тому, що всі поїздки задаються відповідно до найкоротшого маршруту швидкісними дорогами або найкоротшим маршрутом магістральними вулицями залежно від того, у якому випадку на поїздку затрачається менше часу [345].

На думку інших дослідників, учасники руху можуть скористатися кількома альтернативними шляхами, що повинно враховуватися при побудові системи найкоротших шляхів. Одним зі способів може бути визначення всіх маршрутів, що відрізняються від найкоротшого на визначену константу [348, 364]. Однак, слід зазначити, що немає єдиного підходу до визначення її значення.

Деякі автори пропонують визначати величину константи з практичних міркувань [348, 359, 364]. При розгляді конкуруючих маршрутів у праці [337] враховувалося, що максимальна різниця у витратах часу на сполучення можливими шляхами не повинна перевищувати постійну величину, що не залежить від дальності поїздки. У праці [351] потік розподілявся шляхами сполучення, що відрізняється (за витратами часу) від найкоротшого не більше ніж на 20%. Однак, більш докладні дослідження показали, що таке твердження не вірне. За матеріалами спеціального обстеження емпірично була визначена залежність, що ділянка розподілу граничної величини відхилення збільшується із зростанням витрат часу [337]. При цьому, при моделюванні кореспонденції транспортних засобів розділяли з рівною імовірністю між альтернативними маршрутами, що відрізняються від найкоротшого не більше цієї величини [337].

Інші дослідники застосовують метод, заснований на побудові кривих вибору маршруту [335, 337, 352]. Вони розроблялися з використанням даних про тривалість поїздки або витрати (вартість) на поїздку, отримані шляхом спостережень. При побудові кривих по осі ординат відкладали кількість автомобілів, що використовують нову дорогу (у %), по осі абсцис – відношення тривалості поїздки новою дорогою і тривалості поїздки

існуючою дорогою (або вартісні показники). Як недолік цього методу необхідно відзначити можливість розподіл транспортного потоку тільки по двом конкуруючим маршрутам. Внаслідок цього, він не може бути використаний для великих міст з їх розвинутою вулично-дорожньою мережею.

При прогнозуванні інтенсивності руху використовують спосіб відхилення. Він передбачає визначення на першому етапі добової інтенсивності руху без розподілу за напрямками. При цьому використовують дві схеми: одна відображає найважливіші магістралі сучасної вулично-дорожньої мережі, а на другій – указуються магістралі і швидкісні дороги, що передбачається побудувати в майбутньому. Так само дослідниками були початі спроби розробки моделей розподілу руху. Ці моделі називають моделями з обмеженою пропускною здатністю. До них відносять моделі, у яких параметр, що характеризує ланку, опір рухові - змінюється залежно від інтенсивності руху. Для розподілу міжзонального руху в моделях застосовувався метод ітерацій. Розрахунки проводилися доти, поки величина керованого параметра не ставала меншою деякого певного значення. У цю групу входять моделі, у яких послідовно визначають кілька найкоротших маршрутів і використовують криву відхилення для розподілу поїздок альтернативними маршрутами [345].

На думку інших дослідників, враховувати випадковий характер ухвалення водіями рішення стосовно вибору маршруту руху можливо з використанням імітаційного моделювання. Відповідно до цього була розроблена досить велика кількість моделей, у яких робили спроби формалізувати поведінку водіїв із використанням генератора випадкових чисел [364]. Однак, на думку авторів праці [356], не маючи достатніх основ для критики цих дослідників у такій складній справі – формалізувати психіку водіїв, дослідження в цьому напрямку не дуже відрізняються від методу Монте-Карло.

Таким чином, усі дослідники відзначають, що головним фактором,

що впливає на вибір можливого маршруту проходження, є час руху. Час руху визначається довжиною маршруту і швидкістю руху [144]. Не завжди шлях найкоротший за відстанню, є найкоротшим за часом внаслідок різних швидкостей руху на різних маршрутах. Крім того, відповідно до одного із принципів взаємодії водія з природним середовищем – функціонального гомеостазиса – у процесі руху водій підтримує істотні змінні свого руху в припустимих межах [365]. Швидкість руху є основою змінною руху, на величину якої впливає психофізіологія водія [336]. Внаслідок цього, виникає необхідність в аналізі факторів, що впливають на швидкість руху транспортних засобів у потоці.

3.2.4. Фактори, що впливають на швидкість руху транспортних засобів у потоці

Швидкість руху є найважливішим показником, тому що становить цільову функцію дорожнього руху [336]. У реальній дорожній ситуації водій керується факторами часу, відстані і безпеки, але при визначеній щільності руху він практично не може діяти відповідно до своїх бажань і змушений підкорятися режиму руху, визначеному дорожніми умовами і характеристиками транспортного потоку в цілому [323].

Режим руху транспортного потоку в містах формується під впливом великої кількості факторів [347]. У працях [323, 324, 347, 350, 361, 366, 367, 368] відзначається, що зі збільшенням інтенсивності руху транспортних засобів, зменшується швидкість їхнього руху. Причому, швидкості легкових автомобілів зменшуються із зростанням інтенсивності швидше, ніж вантажних [350]. Це пов'язано з великим розходженням у динамічних якостях цих типів транспортних засобів. Тут же відзначається, що зі збільшенням інтенсивності руху зменшується середньоквадратичне відхилення швидкості транспортних засобів від середньої швидкості потоку. При інтенсивності руху, близької до пропускної здатності, розкид

швидкостей мінімальний, тому що практично всі транспортні засоби рухаються приблизно з однаковими інтервалами [347]. Найбільший вплив інтенсивності руху на швидкість руху на дорогах з двома смугами при інтенсивностях в обох напрямках понад 600 авт/год [350]. Інтенсивність менше 300 авт/год в обох напрямках майже не впливає на швидкість руху.

Значний вплив на швидкість руху робить склад потоку [347, 369]. Зі збільшенням у потоці частки важких вантажних автомобілів, автобусів і тролейбусів швидкість потоку зменшується внаслідок зниження динамічних властивостей. Істотно на швидкість руху впливає кількість смуг руху [347]. Ця залежність, на думку авторів, пов'язана з тим, що на вулицях з багатьма смугами відбувається посмугове вирівнювання складу потоку за динамічними якостями груп транспортних засобів. Крім того, існує можливість обгону транспортних засобів, які рухаються в попутному напрямку за рахунок інтервалів у сусідніх смугах руху. Крім кількості смуг, на швидкість руху впливає ширина смуги, призначеної для руху одного ряду транспортних засобів.

Також, значний вплив на швидкість має щільність транспортного потоку [356, 369]. На міських магістралях з багатьма смугами руху із кращими можливостями для маневрування і перебудування з ряду в ряд щільність має менший вплив на режим руху. Крім того, на швидкість руху транспортного потоку впливає частота розташування перехресть і ступінь координації їхньої роботи, ступінь ізолюваності від пішохідного руху і методи організації руху [341, 347, 370]. Також на швидкість руху впливають план і профіль дороги [323, 350, 366, 371, 372].

У міських умовах максимальна межа швидкості руху зумовлена, у першу чергу, двома факторами: дальністю поїздки і відстанями між перехрестями на маршруті руху [373]. У свою чергу, велика швидкість транспортного засобу підвищує імовірність виникнення конфліктної ситуації при русі [374], що призводить до зниження швидкості або зупинки.

Верхня межа швидкості руху визначається максимальною конструктивною потужністю транспортних засобів, що залежить головним чином від питомої потужності двигуна [375]. У реальних умовах транспортні засоби рухаються з крейсерською швидкістю, що складає 0,7...0,85 і менше від максимальної швидкості. Одним з найважливіших факторів, що визначають вибір можливого швидкісного режиму, є умови видимості [375 - 377], що визначаються метеорологічними умовами, а в темний час доби – освітленням доріг. Крім того, метеорологічні умови впливають на швидкість руху [378]. Істотний вплив на швидкість руху мають ті елементи дорожніх умов, що пов'язані з особливостями психофізіологічного сприйняття водія і впливають на впевненість керування транспортним засобом [375]. Також швидкість руху визначається кваліфікацією водія [235, 366, 375] і впливає на надійність його роботи [224]. Крім того, при русі одним маршрутом, водії можуть обирати різні швидкості. Складність такої системи можна описати з використанням максимальної ентропії [379].

Швидкісні показники транспортного потоку мають велику універсальність і оперативність. При швидкості руху одиночних транспортних засобів менше загальної швидкості руху потоку існує проста дорожня ситуація. При швидкості одиночних транспортних засобів, що перевищують швидкість потоку на 21 км/год, існує складна дорожня ситуація, на 42 км/год – критична, а при більшому перевищенні – аварійна дорожня ситуація [379].

Таким чином, для визначення швидкості руху транспортних засобів у потоці необхідно досліджувати вплив усіх факторів на її значення. Визначивши швидкість руху транспортних засобів, можливим стає моделювання транспортних потоків з метою визначення їхніх параметрів. Внаслідок цього, виникає необхідність в аналізі методів моделювання транспортних потоків.

3.2.5. Методи моделювання транспортних потоків

Дослідники під поняттям модель розуміють штучну систему, що відображає з визначеним ступенем точності основні властивості досліджуваного об'єкта-оригіналу. Модель знаходиться у певній відповідності з досліджуваним об'єктом, може замінити його при дослідженні і дозволяє одержати інформацію про досліджуваний об'єкт [323].

Стандартних рекомендацій з вибору і побудови моделей не існує. Модель повинна відбивати істотні явища досліджуваного процесу. Дрібні фактори, зайва деталізація лише ускладнюють модель, заважають проведенню теоретичних досліджень, роблять їх громіздкими, нецілеспрямованими. Тому модель повинна бути оптимальною за своєю складністю, бажано наочною, але головне – досить адекватною, тобто повинна описувати закономірності досліджуваного явища з необхідною точністю. Природно, що при побудові моделі необхідно враховувати особливості досліджуваного явища: лінійність і нелінійність, детермінованість і випадковість, безперервність і дискретність, та й інші [323, 375].

Так як параметри транспортних потоків визначаються великою кількістю факторів, при моделюванні використовують низку апроксимацій. У зв'язку з цим мається проблема раціонального сполучення точності і простоти розроблених моделей. Це особливо актуально при моделюванні великомасштабних транспортних мереж. У цьому випадку зайва деталізація призводить до істотного ускладнення моделі і системного аналізу функціонування транспортних потоків.

Існуючі математичні моделі, що знайшли практичне застосування в організації дорожнього руху, можна поділити на дві групи залежно від підходу: детерміновані і імовірно-стохастичні [375].

При детермінованому моделюванні транспортних потоків, можливо

виділити два основних підходи: макро- і мікроскопічний [323, 324]. При дослідженні великомасштабних транспортних систем міст зазвичай використовують макромоделі. Макроскопічний підхід характеризується створенням макромоделей, що описують стан потоку у вигляді взаємозв'язку його основних характеристик. Ці моделі розглядають потік як стаціонарне явище, що характеризується загальною середньою інтенсивністю, швидкістю, щільністю. До макромоделей вводять істотні апроксимації і низка деталей опускається [234, 364]. Типовим прикладом макромоделі є рівняння, що описує зв'язок між інтенсивністю, щільністю і швидкістю потоку транспортних засобів. На підставі цього співвідношення розроблено цілу низку макромоделей, що встановлюють взаємозв'язок між різними парами основних характеристик транспортного потоку.

Швидкість транспортних потоків як найважливіша характеристика дорожнього руху багато в чому визначає ефективність використання транспортних мереж. У зв'язку з цим, завдання прогнозування швидкості потоку транспортних засобів у різних умовах є досить актуальним. Вивченню закономірностей зміни його величини присвячено досить багато досліджень [234, 323, 335, 345, 352, 363, 364], що дозволяють прогнозувати значення швидкості за різних умов руху. При цьому, в якості незалежних змінних використовують різні фактори.

Для побудови макромоделі транспортного потоку дослідники використовували різні підходи. Можлива побудова моделі на основі експериментальних даних [234, 323]. Дослідники у праці [380] за допомогою статистичного аналізу експериментальних даних пропонують визначати швидкість транспортного потоку залежно від його складу, дорожніх умов, інтенсивності руху. Запропонований підхід досить повно враховує вплив основних факторів на швидкість руху. Однак, цей метод можливо використовувати для прогнозування швидкості руху винятково на заміських дорогах унаслідок того, що не враховується вплив перехресть.

Макромодель, описана в роботах [234, 345, 363, 364], побудована за

експериментальними даними і припускає лінійну залежність між швидкістю і щільністю однорядного транспортного потоку. Перевагою цієї моделі є те, що вона дозволяє прогнозувати швидкість потоку залежно від рівня транспортного попиту, що характеризується інтенсивністю руху. Модель достатньо проста і зручна для системного аналізу. Однак вона не враховує особливостей руху по міських вулицях.

Можливе використання дедуктивного методу побудови моделі [234, 345]. З використанням цього методу було виявлено, що існують два режими руху транспортного потоку: режим вільного руху і режим з утворенням заторів. Для режиму вільного руху дійшли висновку стосовно можливостей використання експериментальної залежності швидкості від щільності.

Також використовується метод фізичних аналогій, за якого для руху транспортного потоку знаходяться підходящі аналогії, наприклад рух потоку рідини або потоку тепла [234, 323]. Заснована на такому підході модель, представлена в роботах [234, 323, 364], описує залежність між швидкістю і щільністю транспортного потоку. Ця модель не суперечить основному рівнянню транспортного потоку [341] і в ряді випадків більш точно описує фактичну зміну параметрів.

Інші дослідники використовували метод кінематичних хвиль. При цьому було зроблено припущення, що невеликі зміни інтенсивності руху поширюються уздовж потоку транспортних засобів у виді «кінематичних хвиль», швидкість яких щодо дороги дорівнює тангенсу кута нахилу дотичної до відповідної крапки основної діаграми транспортного потоку [234, 323].

Можливий опис руху транспортного потоку з урахуванням енергії і кількості руху потоку. Використовуючи рівняння нерозривності руху і моменту кількості руху разом із законом збереження енергії, була отримана залежність для оптимальної інтенсивності, швидкості і щільності транспортного потоку, що можуть бути основою для визначення рівня

обслуговування [234, 323].

Недоліком моделей, отриманих з використанням методу кінематичних хвиль і з урахуванням енергії і кількості руху потоку, є недостатнє врахування особливостей руху міськими вулицями і складність у прогнозуванні швидкості потоку, як функції транспортного попиту.

Можливо також макромодельовання транспортних потоків на вулицях з урахуванням перехресть [364], що істотно впливають на швидкість руху [21, 381]. Цей підхід заснований на імітаційному моделюванні з використанням безперервної моделі. При цьому інтенсивність транспортного потоку, що перебуває до перехрестя, представляється кусочно-лінійною функцією, що дозволяє легко прогнозувати просування потоків по довжині вулиці, затримки руху, робити оцінку ефективності окремих алгоритмів керування. Хоча модель має високу швидкодію, її використання для моделювання великомасштабних транспортних мереж представляється скрутним через її складність.

Як показують натурні обстеження в містах [234], вплив перехресть, крайові впливи, зупинки біля краю проїзної частини, присутність у потоці транспортних засобів міського пасажирського транспорту впливають на характеристики руху істотніше, ніж взаємодія між транспортними засобами в потоці. Вплив усіх цих факторів додатково знижує швидкість потоку, що при низькій щільності може не залежати від інтенсивності. Ці обставини вкрай ускладнюють оцінку умов руху міськими вулицями. В даний час існує три підходи до оцінки умов руху по міських вулицях.

Перший підхід передбачає оцінку умов руху за коефіцієнтами втрат часу на затримки, які визначаються як відношення сумарних втрат часу, пов'язаних із затримками, до загального часу руху на ділянці дороги. При цьому виникають труднощі з оцінкою умов руху, коли затримок немає.

Другий підхід пропонує оцінювати умови руху по середній швидкості за загальний час руху. Використання тільки лише цього

показника також має визначені недоліки.

Третій підхід заснований на припущенні, що сукупний вплив регульованих і нерегульованих перехресть, крайових впливів знижує пропускну здатність міських вулиць на 50%. Виходячи з цього припущення, встановлюються граничні характеристики рівнів обслуговування на міських вулицях [234].

Кожний з цих підходів має визначені недоліки. Однак, на їхній основі були розроблені граничні характеристики рівнів обслуговування на міських вулицях [234], які можна розглядати як експериментальні дані моделювання. Представляється можливим за допомогою статистичного аналізу цих даних математично описати закономірності зміни швидкості потоків на міських вулицях. Навпаки, використання методу фізичних аналогій, математичного аналізу граничних умов у даному випадку представляється недоцільним.

При мікроскопічному підході до моделювання транспортного потоку досліджується дистанція між транспортними засобами, що рухаються, і швидкість їхнього руху [234, 323, 324]. Мікроскопічний підхід має метою більш детальний опис взаємодії транспортних засобів у потоці. Ця взаємодія описується так званою моделлю руху за лідером. В основу цієї моделі покладена експериментально підтверджена гіпотеза про взаємозв'язок між швидкістю і прискоренням руху веденого і лідуючого автомобіля [352]. У загальному виді закони теорії руху за лідером відображають закономірність, яка полягає в тому, що реакція водія дорівнює його чутливості, помноженій на стимул [323].

Можливий опис дорожнього руху на мікро- і макрорівнях на основі теорії катастроф [382] для адекватного відображення системи «автомобіль – водій – дорога – середовище» у неврівноважених ситуаціях.

Широке поширення одержали також стохастичні моделі транспортного потоку [323, 324, 364, 375]. Дані моделі відрізняються більшою об'єктивністю [375]. Найбільш широке застосування в теорії

транспортних потоків знайшли закони розподілу Пуассона, Пірсона, Ерланга [324]. Так, наприклад, транспортний потік невеликої щільності добре описується розподілом Пуассона [345]. Потоки середньої і великої щільності більш достовірно описуються розподілами: нормальним, логарифмічно нормальним, гамма-розподілом та й ін. [324]. Рух транспортних засобів по дорогах у потоці великої інтенсивності й особливо в зоні перехресть може бути розглянутий на основі теорії масового обслуговування [324, 375]. Ефективним методом дослідження транспортних потоків є моделювання їхнього руху на електронно-обчислювальній техніці [323].

Можливі два варіанти моделювання транспортних потоків міста: на основі сформованих потоків і на основі матриці кореспонденцій [234]. У праці [360] дослідники розглядають питання оптимального розподілу транспортних потоків мережею. Вони відзначають, що в загальному виді транспортний попит може бути представлений інтенсивностями руху між районами відправлення і призначення. Для вирішення поставленої задачі автори пропонують використовувати лінійне і квадратичне програмування.

У практиці проектування потоків для нанесення кореспонденції транспорту між двома пунктами на мережі обирається самий найкоротший маршрут, і потік враховується на кожній ділянці цього маршруту [337]. Однак, як вказує автор, при складній системі транспорту великого міста такий метод стає практично непридатним. Виникає необхідність у порівнянні двох і більше шляхів. Крім того, відзначається, що необхідно враховувати обмеження пропускної здатності транспортних ліній, що може привести до перерозподілу потоків на мережі.

Різні дослідники вирішували дану задачу різними способами. Так, можливий пошук чотирьох найкоротших за часом шляхів [337]. У праці [360] при визначенні часу руху по ділянкам вулично-дорожній мережі автори розглядають його як функцію тільки від інтенсивності руху. Інші дослідники пропонують математичну модель розподілу потоків легкових

автомобілів вулично-дорожньою мережею, засновану на безперервному коректуванні часу проїзду по ділянках мережі в залежності від виникаючого на цих ділянках завантаження [359]. Цей тип моделей дослідники називають з обмеженою пропускнуою здатністю.

В процесі розрахунку таке корегування здійснюється після накладення на мережу деякої частки кореспонденцій з кожної вершини мережі в усі інші [359]. Необхідність корегування швидкостей руху внаслідок зміни умов руху також підтверджується авторами праці [352].

Практично аналогічна процедура накладення потоків описана у праці [346]. Вона передбачає послідовне накладення чотирьох рівних частин матриці поїздок на шляхи мінімальної вартості, а також відновлення значень вартості проїзду відповідно збільшення навантаження на мережу.

У праці [337] описується модель розподілу потоків між двома пунктами по декількох шляхах з урахуванням можливого обмеження їхньої пропускнуої здатності. При цьому кількість розглянутих шляхів було обмежено чотирма. Причому набір трас заздалегідь задавався. Розподіл потоку виконувався по можливим шляхам сполучення пропорційно якості кожного шляху, обумовленого зворотно пропорційно сумі витрат часу на пересування і добуткові довжини шляху з константою, що визначає найбільш правдоподібне відношення довжини шляху і часу проїзду по ньому. В іншій моделі, описаній у праці [337], «опір» шляху визначається як сума витрат часу на кожній його ділянці. У даній моделі другий і наступний шляхи враховувалися тільки в тому випадку, якщо їхня довжина перевищує довжину першого не більш ніж у 1,5 – 2 рази. Також, як вказується в даній праці, можливе використання моделі розподілу потоків, допускаючи, що транспортна утома залежить від умов поїздки [337].

Для методу моделювання транспортних потоків на основі матриці кореспонденцій виникає необхідність у її наявності. Матриця кореспонденції може бути отримана методом Фратара, гравітаційним

методом, прямим розподілом і на підставі моделі пересічних можливостей [234].

При одержанні матриці кореспонденції методом Фратара існуюча в даний момент кількість поїздок між парами зон екстраполюється на перспективу з використанням коефіцієнтів збільшення рухомості. Для збалансування матриці кореспонденції необхідно, як правило, використовувати спосіб ітерацій. Недоліком цього методу є те, що він вимагає наявності вихідної матриці кореспонденції для одержання наступної.

Відповідно до гравітаційної моделі, обсяг поїздок між зонами знаходиться в прямій залежності від кількості поїздок, що виникають в обох зонах, і в зворотній залежності від часу сполучення або від відстані між зонами. Уточнення обчислень матриці кореспонденції виконують способом ітерацій. Після кожної ітерації проводиться коректування коефіцієнта тяжіння для кожної пари транспортних районів. На кожній ітерації для розрахунку взаємообміну поїздками між зонами застосовується рівняння гравітаційної моделі з використанням вирівняних коефіцієнтів притягіння, отриманих на попередній ітерації. Достоїнства гравітаційної моделі в тому, що вона може дати більш точні результати внаслідок широкої можливості калібрування.

Модель пересічних можливостей описує імовірність того, що поїздка завершиться у визначеній зоні призначення. Основним параметром моделі виступає щільність імовірності (імовірність на кожне призначення) прийнятності зони призначення на момент розгляду. Її величина може бути отримана для однієї або декількох категорій поїздок таким чином, щоб розподіл поїздок у моделі відповідав розподілу, отриманому при обстеженні. Даний метод вимагає додаткових обстежень для виявлення розподілу дальності поїздки транспортних засобів, що і є його недоліком.

Модель «прямий розподіл», виходячи з щільності поїздок на сусідніх ланках, безпосередньо розподіляє транспортні потоки по ланках мережі.

Недолік прямого розподілу в тому, що для одержання вихідних даних потрібне суцільне обстеження всіх ланок транспортної мережі міста, що практично неможливо через високу трудомісткість.

Таким чином, для розподілу транспортних потоків мережею необхідна інформація про її ланки. Внаслідок цього виникає необхідність у проведенні аналізу методів опису транспортної мережі міста.

3.2.6. Методи опису транспортної мережі міста

Транспортна мережа міста характеризується своїми геометричними розмірами, топологією, засобами організації і регулювання руху [348]. Можливо виділити наступні методи опису транспортної мережі. Перший метод заснований на представленні мережі у виді сукупності вузлів, що мають свої координати, і так званих «бар'єрів», які представляють собою природні перешкоди (ріки, яри, парки), проходження транспортних зв'язків між якими не можливо. При такому методі опису мережі представляється можливим визначення наближеної відстані між вузлами мережі з використанням коефіцієнта непрямолінійності [383].

Крім відстаней на мережі, можна розраховувати наближений час сполучення між вузлами, виходячи з припущення про сталість швидкості транспортних засобів [383].

До достоїнств даного методу можна віднести простоту збору і невеликий обсяг вихідної інформації. Одержувана точність придатна для виконання деяких інженерних розрахунків, але при вирішенні мережної задачі управління транспортними потоками її застосування не представляється можливим, через відсутність інформації про поведінку транспортного потоку на окремих ланках і вузлах мережі.

Другий метод опису мережі заснований на представленні її у вигляді графа, що складається з ланок мережі, які мають початок, закінчення і характеризуються цілим рядом параметрів, таких як довжина ланки,

допустима швидкість руху, ширина проїжджої частини, пропускна здатність, обмеження руху по ланці і т.д. [356, 364].

Цей метод одержав широке поширення при вирішенні багатьох інженерних транспортних задач завдяки високій точності. Але цей метод має і недоліки. По-перше, зберігається проблема відсутності інформації про взаємодію транспортних потоків у вузлах (наявність затримок) і про характеристики самих вузлів. По-друге, незважаючи на наявність інформації про обмеження руху на ланках, немає інформації про заборонені напрямки рухів на перехрестях мережі.

Вирішення даної проблеми в рамках розглянутого методу можливо двома шляхами:

- складання окремого переліку заборонених напрямків;
- представлення перехрестя у вигляді сукупності ланок нульової довжини, вершинами яких є усі входи і виходи перехрестя.

Однак, це є не зовсім вірним, оскільки при русі через перехрестя витрачається деякий проміжок часу.

Таким чином, для визначення закономірностей розподілу транспортних потоків вулично-дорожньою мережею виникає необхідність визначення закономірностей вибору водієм шляху сполучення з урахуванням рівня обслуговування, що може визначатися через зміну стану його організму.

3.3. Закономірності вибору водієм шляху сполучення

3.3.1. Визначення критеріїв вибору маршруту руху водіями немаршрутизованих транспортних засобів

Кореспонденції немаршрутизованого транспорту реалізуються по різним шляхам сполучення і вибір того чи іншого шляху залежить від прийнятих водіями рішень на основі аналізу їхніх характеристик. Таким чином, в результаті індивідуальних рішень, прийнятих водіями, формується завантаження вулично-дорожньої мережі рухом. Функцію розподілу кореспонденцій по альтернативним шляхам сполучення можна представити таким чином:

$$h_{ij}^k = f(l_{ij}^k, t_{ij}^k, \dots), \quad (3.25)$$

де h_{ij}^k – величина кореспонденції, реалізованої по k -му шляху сполучення;

l_{ij}^k – довжина k -го шляху сполучення;

t_{ij}^k – час руху між i -м і j -м районами по k -му шляху сполучення.

Графічно розподіл кореспонденцій транспорту по альтернативним шляхам сполучення представлено на рис. 3.1.

Водії при ухваленні рішення використовують різні критерії. Для визначення закономірностей вибору водіями шляху сполучення необхідно визначити дані критерії. Для вирішення поставленої задачі було проведене опитування водіїв про ті критерії, що вони використовують при виборі шляху сполучення для здійснення поїздки між двома пунктами в місті. При цьому можлива кількість критеріїв, що вказувалося кожним водієм, не обмежувалася. Запропоновані водіями критерії заносилися обліковцями в спеціально розроблену анкету. Вид анкети наведений на рис. 3.2.

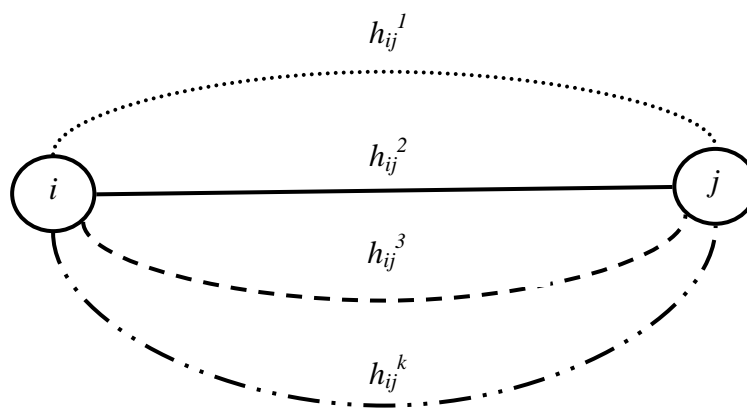


Рис. 3.1 – Схема реалізації транспортної кореспонденції між районами міста по альтернативним шляхам сполучення:

i – транспортний район відправлення;

j – транспортний район прибуття.

Анкета № _____

Водій _____ Вік _____ Стаж _____

Ви робите поїздку між двома пунктами міста, при цьому можна скористатися декількома маршрутами руху. З яких розумінь ви будете обирати маршрут руху з декількох можливих? Яким вимогам повинен задовольняти обраний вами маршрут?

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

Рис. 3.2 – Анкета опитування водіїв про критерії, що використовують при виборі шляху сполучення

У результаті опитуванням було охоплено 121 водія, з яких близько 80% склали водії таксі, а іншу частину – водії автомобілів індивідуального користування.

На наступному етапі дослідження була проведена обробка даних опитування. Через різне формулювання, що надавалося водіями при вказівці різних критеріїв, вони були зібрані в групи по загальній ознаці. Потім отримані групи критеріїв були зведені в таблицю для визначення процентного співвідношення вибору кожного критерію до їхньої загальної кількості. Результати розрахунку наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати опитування водіїв по визначенню критеріїв, який використовуються водіями при виборі шляху сполучення

Критерії	Процентна частка від загальної кількості зазначених критеріїв, %
Мінімальний час руху	20,4
Мінімальний пробіг по маршруту	17,2
Гарний стан дорожнього покриття	16,0
Небагато світлофорів на шляху сполучення	15,2
Невисока інтенсивність руху	12,2
Менше утомлюєшся при русі	7,2
Маршрут руху проходить по магістральних вулицях	5,8
Менше постів державтоінспекції на шляху сполучення	4,6
Небагато небезпечних перехресть	0,8
Менша кількість «Лежачих поліцейських»	0,4
Відсутність трамвайних шляхів на проїзній частині	0,2

В результаті аналізу даних табл. 3.1, з подальшого розгляду були виключені ті критерії, що зустрічалися у відповідях водіїв украй рідко. Крім того, також був виключений критерій «Менше постів державтоінспекції на шляху сполучення». Використання даного критерію викликає достатню складність внаслідок імовірного розташування пересувних постів автомобільної інспекції. Також, причиною виключення даного критерію з подальших досліджень є те, що він не може використовуватися для розподілу транспортних потоків, тому що пости автомобільної інспекції є одним зі способів управління даними потоками. Критерії, що залишилися, були відібрані для використання при проведенні подальших досліджень.

3.3.2. Визначення закономірностей вибору водіями шляху сполучення

Для визначення закономірностей вибору водіями шляхів сполучення необхідне одержання вихідної інформації про параметри маршрутів, що водії обирають при русі між пунктами відправлення і прибуття. Для вирішення даної задачі була розроблена анкета, яка представлена на рис. 3.3. За допомогою її використання було проведено натурне обстеження, у якому водії виступали в якості експертів. На першому етапі обстеження в анкету заносилися дані про вік водія, та його стаж водіння. Для врахування індивідуальних особливостей опитуваних тестуванням [343] визначався тип нервової системи. Потім, водієві пропонувалося вказати пункт відправлення, пункт прибуття і маршрути, що він обирає для руху вулично-дорожньою мережею міста. Після цього зазначені маршрути наносилися на карту міста. Далі в анкету заносилася частота їхнього використання і фіксувався критерій, використаний при виборі шляху сполучення. На наступному етапі відзначався часовий інтервал руху вказаними маршрутами. При цьому частота використання кожного з маршрутів визначалася з умови, що вся сукупність маршрутів складає 100%. У заключній частині водієві пропонувалося вибрати один або кілька критеріїв із запропонованого переліку, які він використовує при виборі маршруту сполучення, і зробити їхнє ранжирування в міру значимості від найбільш значимого, на їхню думку, до найменш.

Кількість спостережень визначалася з використанням рекомендацій, приведених у праці [325], відповідно до якої для величини з імовірністю рівної 0,95 і припустимою помилкою 0,05 число спостережень дорівнює 384. У зв'язку з цим, в ході обстеження було заповнено 400 анкет.

ПІБ. обліковця _____ Дата проведення опитування _____

Номер анкети _____ Водій _____
Вік водія _____ Стаж водіння _____ Тип нервової системи _____

Модель транспортного засобу	Маршрут руху		Траса маршрута руху	Частота використання маршруту, %	Критерій вибору маршруту	Час руху по маршруту (ранок, день, вечір)
	відкля	куди				
			1.			
			2.			
			3.			

Критерії вибору маршруту: 1) мінімальний пробіг по маршруту; 2) мінімальний час поїздки; 3) невисока інтенсивність руху; 4) маршрут проходить по магістральних вулицях; 5) гарний стан дорожнього покриття; 6) небагато світлофорів на шляху; 7) менше стомлюєся при русі; 8) інші причини (укажіть) _____

Проранжируйте зазначені критерії від найбільш значимого, на вашу думку, до найменш _____

Рис. 3.3 – Анкета опитування водіїв про маршрути руху

З метою оперативного визначення вагового внеску відібраних критеріїв, що впливають на вибір водіями шляхів сполучення, застосовувався метод рангової кореляції – апріорне ранжирування, засноване на експертній оцінці групою компетентних фахівців [384]. Можливість використання водіїв як експертів визначається специфікою проведеного обстеження. З питанням про вибір шляху сполучення вони зіштовхуються постійно в процесі своєї діяльності і вирішують його виходячи з власного досвіду. Результати обробки анкетних даних графічно представлені на рис. 3.4.

Аналіз результатів обстеження показав, що найбільш значимим критерієм є мінімальний пробіг по маршруту. Така значимість визначається можливістю оцінити водієм пробіг по маршруту з достатньою точністю і припущенням, що мінімальний по довжині маршрут буде мінімальним і по витратам, пов'язаними з поїздкою.

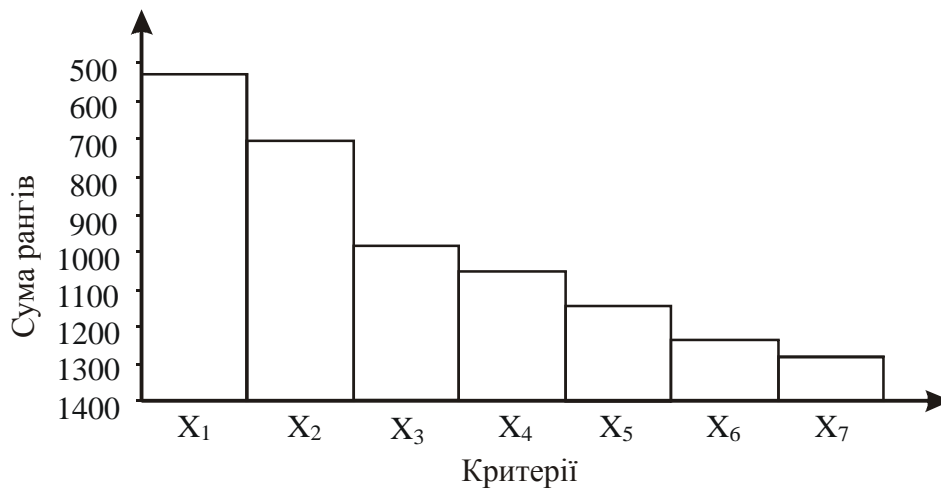


Рис. 3.4 – Діаграма ваги критеріїв вибору шляху сполучення з урахуванням повного опитування водіїв:

X₁ – мінімальний пробіг по маршруту;

X₂ – мінімальний час поїздки;

X₃ – гарний стан дорожнього покриття;

X₄ – невисока інтенсивність руху;

X₅ – небагато світлофорів на шляху;

X₆ – мінімальна нервово-емоційна напруга;

X₇ – маршрут проходить по магістральних вулицях.

Час поїздки є більш об'єктивною величиною, що визначає витрати при русі, через непостійність виконання вищевказаного припущення. Однак, менша значимість даного критерію пояснюється труднощами при прогнозуванні часу поїздки, на значення якого впливає безліч випадкових факторів. Третім по значимості водії визначили критерій, що характеризує стан дорожнього покриття через те, що він впливає на режим руху, умови експлуатації автомобіля і стан водія. Ще меншим по значимості був визначений критерій «невисока інтенсивність руху», що впливає на умови руху і праці водіїв. Кількість світлофорів призводить до утворення затримок при русі і впливає на параметри руху, що в остаточному підсумку позначається на збільшенні часу поїздки. Нервово-емоційна напруга визначає загальний стан водія, що в свою

чергу, впливає на вибір водієм режиму руху. Невисока значимість цього критерію пояснюється складністю при визначенні величини напруги водієм, що відбувається на підсвідомому рівні. Найменш значимим є критерій «маршрут проходить магістральними вулицями», що поряд з позитивними якостями (багато смуг руху, гарний стан дорожнього покриття), має і негативні (висока інтенсивність), що викликає неоднозначність його використання.

Для визначення особливостей вибору шляху сполучення водіями з різними індивідуальними характеристиками були проаналізовані результати обстеження окремо для водіїв, що мають однакові властивості центральної нервової системи. Результати обробки даних графічно відображені на рис. 3.5-3.8.

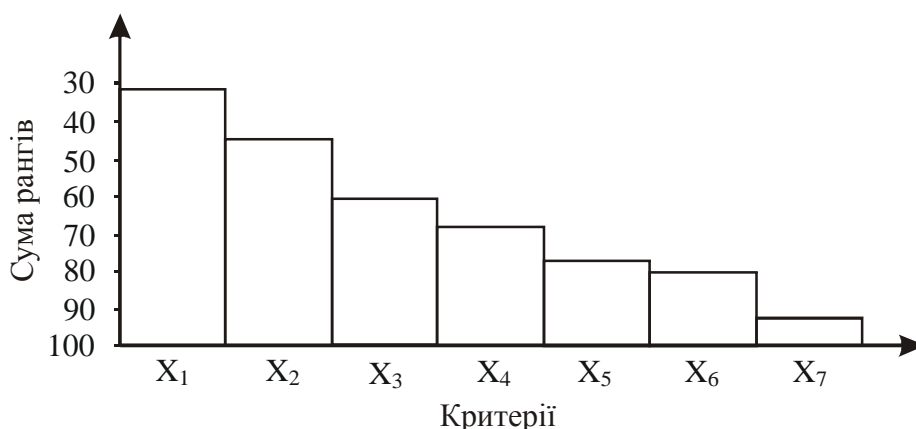


Рис. 3.5 – Діаграма ваги критеріїв вибору шляху сполучення водіями із сангвінічним темпераментом

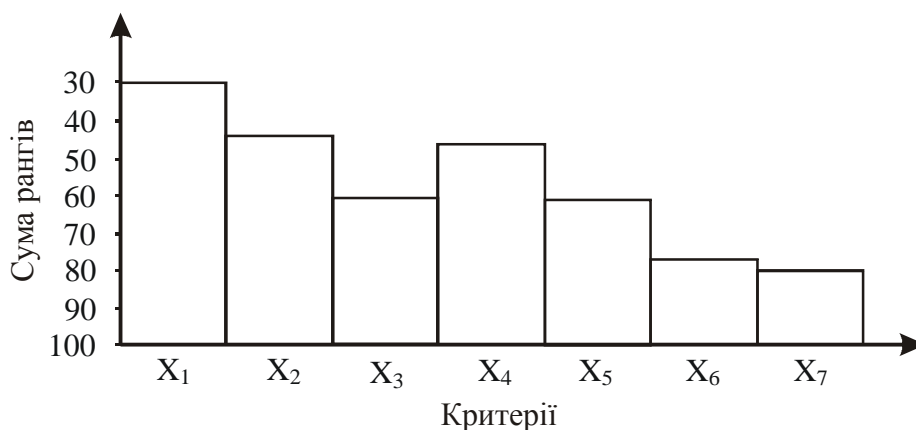


Рис. 3.6 – Діаграма ваги критеріїв вибору шляху сполучення водіями із меланхолійним темпераментом

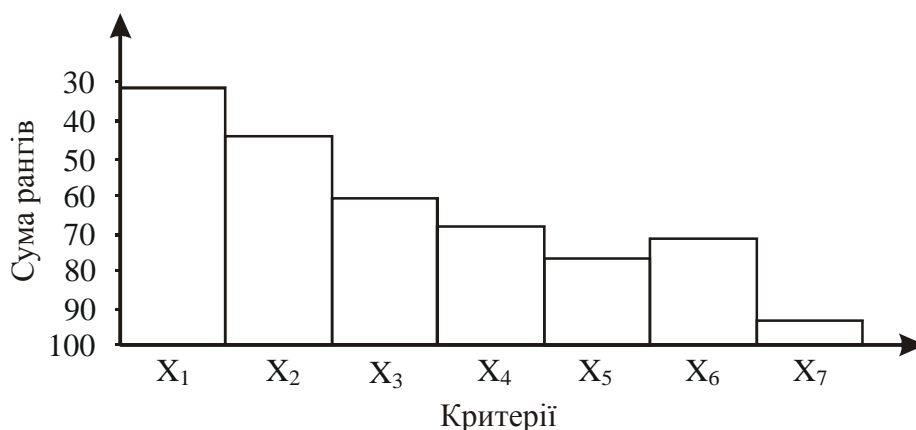


Рис. 3.7 – Діаграма ваги критеріїв вибору шляху сполучення водіями із холеричним темпераментом

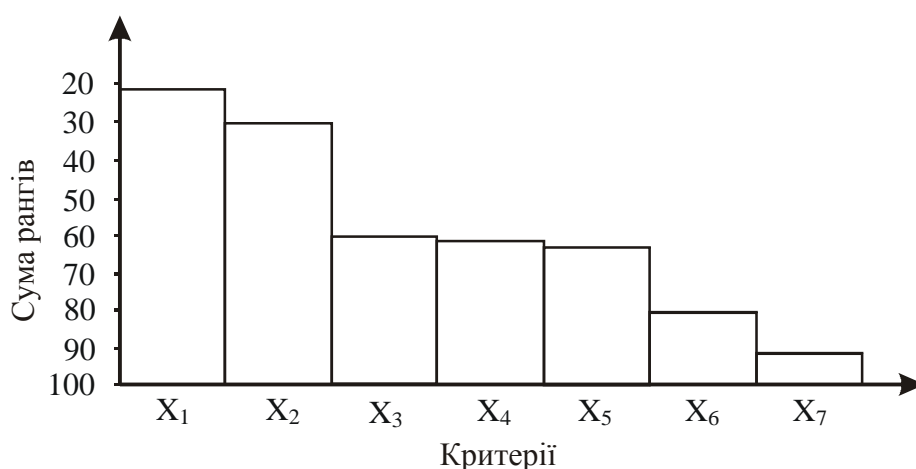


Рис. 3.8 – Діаграма ваги критеріїв вибору шляху сполучення водіями із флегматичним темпераментом

Водіям з меланхолійним темпераментом притаманна емоційна нестійкість, слабкість і неврівноваженість нервових процесів [51, 324]. В умовах руху в інтенсивному транспортному потоці водій не завжди встигає вчасно прийняти і переробити необхідну для безпечного керування інформацію, що призводить до розвитку нервово-емоційної напруги. Висока інтенсивність також, обмежує можливість вибору режиму руху, що викликає у водія негативні емоції [52]. З урахуванням вищевказаних особливостей меланхолійного темпераменту критерій «невисока інтенсивність руху» стає більш значимим.

Для водіїв з холеричним темпераментом характерна висока ступінь емоційної збудливості, що проявляється в активності при керуванні

автомобілем [51, 324]. При цьому холерикам притаманні недостатня посидючість і витримка, безсистемність у роботі, внаслідок чого, за однакових умов руху, вони будуть стомлюватися швидше, ніж представники інших темпераментів. Це пояснює збільшення ваги критерію «мінімальна нервово-емоційна напруга» для водіїв із цим типом нервової системи.

У водіїв з флегматичним темпераментом спостерігається приблизно однакова значимість критеріїв X_3 , X_4 , X_5 . Це визначається особливостями цього темпераменту, що проявляється в урівноваженості і спокої при керуванні автомобілем [51]. У зв'язку з цим, водії з флегматичним темпераментом однаково реагують на різні умови руху.

Таким чином, перевага критерію вибору шляху сполучення водіями немаршрутизованих транспортних засобів залежить від індивідуальних характеристик водія, які визначаються властивостями центральної нервової системи.

Як показали результати обстеження, найбільш значимим фактором є мінімальний пробіг маршрутом. Для визначення закономірностей розподілу кореспонденцій немаршрутизованих транспортних засобів альтернативними маршрутами руху, був проведений наступний етап обробки даних обстеження, за яким розраховувалося відхилення від найкоротшого маршруту за формулою

$$\Delta_i = \frac{L_i - L_{\min}}{L_{\min}} 100\%, \quad (3.26)$$

де Δ_i – відхилення від найкоротшого маршруту, %;

L_i – довжина i -го розрахункового маршруту, км;

L_{\min} – довжина найкоротшого маршруту, км.

Розподіл транспортних кореспонденцій альтернативними шляхами сполучення залежно від їхнього відхилення від найкоротшого маршруту

визначався за наступною залежністю:

$$P_j = \frac{\sum v_i}{v_{\text{ОБЩ}}}, \quad (3.27)$$

де P_j – частка водіїв, що використовують маршрути з відхиленням від найкоротшого Δ_i ;

v_i – кількість поїздок маршрутом з відхиленням від найкоротшого Δ_i ;

$v_{\text{ОБЩ}}$ – частота використання всієї сукупності маршрутів, що розраховується за формулою

$$v_{\text{ОБЩ}} = n100, \quad (3.28)$$

де n – кількість розглянутих транспортних кореспонденцій.

Якщо прийняти обсяг відправлення з району i у район j за 100%, то отримаємо наступний розподіл транспортних кореспонденцій альтернативними маршрутами руху залежно від відхилення за довжиною від найкоротшого, що наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Розподіл транспортних кореспонденцій по альтернативних шляхах сполучення

$\Delta_i, \%$	0	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
P_i	0,569	0,165	0,118	0,051	0,036	0,021
$\Delta_i, \%$	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100	101-200
P_i	0,011	0,0062	0,0056	0,0039	0,0011	0,029

Отже, розподіл потоків немаршрутизованих транспортних засобів альтернативними шляхами сполучення залежить від їхніх характеристик, однією з яких є довжина маршруту. Найбільша частина кореспонденцій

реалізується на найкоротших шляхах сполучення.

Аналіз результатів розрахунків показує, що водії при визначенні шляху сполучення обирають найкоротший маршрут з імовірністю 57%. 95% обраних шляхів лежать у межах 50%-го відхилення від найкоротшого.

3.4. Взаємозв'язок стану водія та параметрів руху транспортних засобів вулично-дорожньою мережею міста

3.4.1. Методика проведення досліджень й обробки даних

З проведеного аналізу існуючих методів визначення параметрів руху транспортних засобів видно, що процес руху становить собою складне явище. Фактори, які впливають на час руху транспортних засобів через відповідні елементи траси маршруту представлені на рис. 3.9. Для досягнення встановленої мети було проведено дослідження ступеня впливу вищезгаданих факторів на час руху транспортних засобів.

Транспортні засоби рухаються існуючою вулично-дорожньою мережею. Усю трасу маршруту руху транспортних засобів можливо розбити на дві складові:

- ділянки маршруту між перехрестями;
- перехрестя вулично-дорожньої мережі.

Цей розподіл траси маршруту є доцільним внаслідок різних умов руху на цих складових. На ділянках маршруту між перехрестями транспортні засоби рухаються в потоці без істотної зміни напрямку руху. На перехрестях можлива зміна напрямку руху транспортних засобів, що може істотно вплинути на швидкість їхнього руху. Крім того, на перехрестях транспортний засіб може взаємодіяти з транспортними потоками конфліктуючих напрямків, що також може позначитися на часі проїзду перехрестя. Більше того, перехрестя є місцями концентрації дорожньо-транспортних пригод [313, 385].

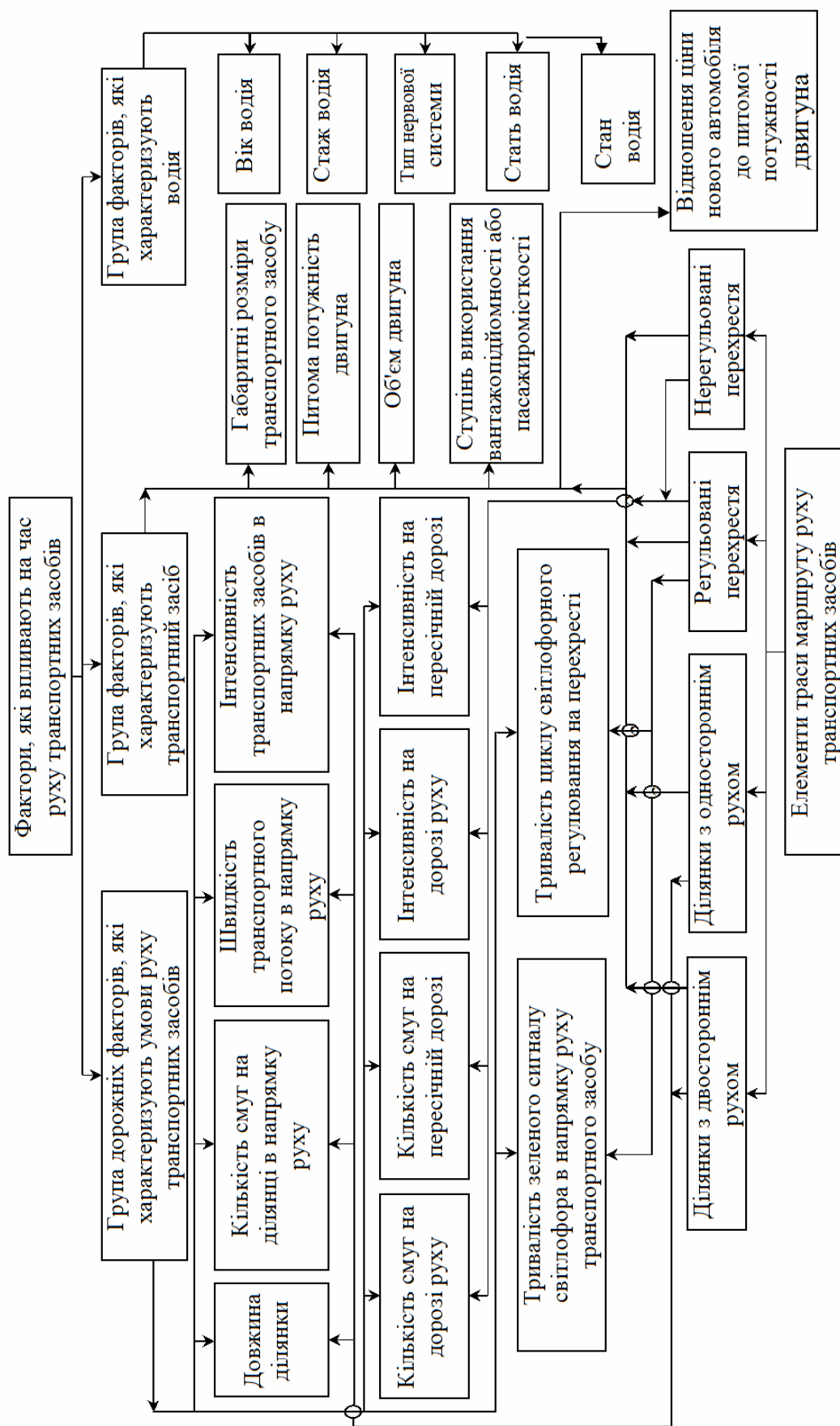


Рис. 3.9 – Фактори, які впливають на час руху транспортних засобів відповідними елементами траси маршруту

При русі через перехрестя водій зобов'язаний обирати відповідні режими руху для запобігання конфліктним ситуаціям.

Ділянки маршруту руху транспортних засобів між перехрестями можна диференціювати за умовами руху на наступні складові:

- ділянки з двостороннім рухом;
- ділянки з одностороннім рухом.

Необхідність такого розподілу пов'язана з тим, що вулиці з одностороннім рухом полегшують пересування транспортних засобів за рахунок того, що відсутній вплив зустрічних потоків транспорту, зменшуються протиріччя між інтересами водіїв і пішоходів. При цьому більш ефективно використовуються всі смуги руху [385].

Перехрестя вулично-дорожньої мережі при дослідженні часу руху транспортних засобів також доцільно розбити на дві групи:

- регульовані перехрестя;
- нерегульовані перехрестя.

На перехрестях цих видів існують різні умови руху транспортних засобів. Функціонуючі технічні засоби регулювання дорожнього руху визначають черговість руху транспортних засобів через перехрестя. Крім того, кожна з цих груп перехресть необхідно розбити на підгрупи залежно від напрямку руху транспортного засобу:

- з рухом прямо;
- з поворотом праворуч;
- з поворотом ліворуч.

Необхідність створення цих підгруп обґрунтовується тим, що залежно від напрямку руху транспортного засобу відбувається різна кількість відгалужень, злиттів і перетинань транспортного потоку, в якому він рухається, і конфліктуючих транспортних потоків [385, 386]. Найменші перешкоди для руху спостерігаються при відгалуженнях. Вони можуть викликати лише деяке зниження швидкості руху транспортного засобу при виході його з потоку прямого напрямку. Значно більші перешкоди

виникають при злитті транспортних потоків. Крім сповільнення руху транспортного засобу з'являється і небезпека зіткнення, що також накладає відбиток на його режимі руху. Найбільші складності пов'язані з перетинанням, тому що імовірність зіткнення тут найбільш значна.

На наступному етапі виникає необхідність у виділенні факторів різних груп, вплив яких на час руху транспортних засобів необхідно досліджувати.

Користуючись раніше розробленими рекомендаціями [308], були обрані фактори, які мають найбільший вплив на час руху транспортних засобів.

В якості параметрів, що характеризують транспортний засіб, можна виділити наступні:

- габаритні розміри транспортних засобів;
- питома потужність двигуна;
- ступінь використання вантажопідйомності або пасажиромісткості транспортних засобів;
- відношенням ціни нового легкового автомобіля до питомої потужності двигуна.
- ергономічними властивостями і відношенням ціни нового легкового автомобіля до питомої потужності двигуна.

Габаритні розміри транспортного засобу можуть впливати на можливість його маневрування в транспортному потоці. Питома потужність двигуна може виступати як фактор, що характеризує динамічні якості транспортного засобу [309, 313]. Ступінь використання вантажопідйомності або пасажиромісткості транспортного засобу визначає його масу з пасажиромісткості або вантажем, що, в свою чергу, впливає на швидкість руху. Відношення ціни нового легкового автомобіля до питомої потужності двигуна визначає ергономічні властивості транспортного засобу, які через стан водія впливають на параметри руху.

В якості параметрів, що характеризують водія, можна прийняти:

- вік водія;
- стаж водія;
- тип нервової системи;
- стан водія;
- стать водія.

Обґрунтування використання цих факторів аналогічне, наведеному в розділі 1.

Ряд факторів, що характеризує дорожні умови руху транспортного засобу, можуть бути загальними для ділянок маршруту і перехресть, а інші будуть різні внаслідок особливостей руху на цих елементах траси маршруту. До загальних факторів можна віднести наступні:

- відстань видимості;
- коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою.

Умови видимості, які істотно впливають на швидкість руху [313, 314], можливо оцінити відстанню видимості [309 - 311]. Коефіцієнт зчеплення, зумовлений типом і станом покриття дороги, так само істотно впливає на швидкість руху транспортних засобів [144, 312].

До факторів, які характеризують дорожні умови руху транспортних засобів на ділянці маршруту можливо віднести наступні:

- довжина ділянки;
- кількість смуг в напрямку руху;
- швидкість транспортного потоку в напрямку руху;
- інтенсивність руху транспортних засобів в напрямку руху.

Довжина ділянки маршруту між перехрестями визначає той проміжок часу, протягом якого транспортний засіб може рухатися з максимально можливою швидкістю. Кількість смуг руху визначає можливість маневрування транспортного засобу в потоці. Швидкість транспортного потоку в напрямку руху є інтегральним показником. На її значення впливає склад транспортного потоку, тип і стан покриття, ступінь

рівності і подовжній профіль дороги, план траси [386]. Швидкість транспортного потоку й інтенсивність руху на ділянці можуть визначати можливість виникнення перешкод руху транспортного засобу з боку інших учасників руху.

Для перехресть можливо виділити наступні фактори, які характеризують умови руху:

- кількість смуг на дорозі руху;
- кількість смуг на пересічній дорозі;
- інтенсивність на дорозі руху;
- інтенсивність на пересічній дорозі.

Кількість смуг на дорозі руху і пересічній дорозі визначають геометричні розміри перехрестя, які так само впливають на можливість зміни водієм напрямку руху на перехресті. Інтенсивність руху на перехресті, як і у випадку з ділянкою маршруту, може визначати можливість виникнення перешкод руху транспортного засобу.

Для регульованих перехресть додатково доцільно виділити ще два фактори:

- тривалість циклу світлофорного регулювання;
- тривалість зеленого сигналу світлофора в напрямку руху транспортного засобу.

Ці фактори можуть визначати імовірність проїзду транспортного засобу через перехрестя на зелений сигнал світлофора.

Для отримання вихідних даних були проведені експериментальні дослідження. Водію досліджуваного транспортного засобу вказувалася задача проїхати між двома пунктами в місті. Перед початком руху в обліковій картці фіксувалися параметри водія і транспортного засобу і визначався тип нервової системи водія. При русі з використанням диктофона голосом на магнітній стрічці фіксувався ряд параметрів. Для кожної ділянки маршруту руху між перехрестями:

- момент часу в'їзду на ділянку (перетинання створу попереднього

перехрестя);

- найменування вулиці або орієнтира на шляху руху;
- тип і стан покриття [310, 311];
- відстань видимості дорожнього покриття;
- момент часу виїзду з ділянки (перетинання створу наступного

перехрестя).

Для кожного перехрестя маршруту:

- момент часу виїзду на перехрестя (перетинання його створу);
- характер руху (прямо, праворуч, ліворуч);
- тип і стан покриття;
- відстань видимості;
- момент часу виїзду з перехрестя (перетинання його створу).

Крім того, перед і після руху кожною ділянкою у водія фіксувалася електрокардіограма.

Після прибуття в кінцевий пункт маршруту в картці обстеження фіксувався час прибуття, найменування об'єкта і показання спідометра при прибутті.

Для кожної ділянки і перехрестя маршруту визначалися параметри, які характеризують дорожні умови руху. Для цього були проведені власні дослідження відповідно до раніше опублікованої методики [323, 324]. Таким чином, після обробки результатів обстеження були отримані дані про час проїзду кожної ділянки маршруту, кожного перехрестя й умови руху на них.

З використанням отриманих результатів стає можливим розробка моделей зміни параметрів руху транспортного засобу ділянками маршруту і перехрестям. Крім того, також стає можливим розробка моделей зміни і стану водія при русі елементами маршруту.

3.4.2. Зміна стану водія при русі ділянками маршрутів між перехрестями

3.4.2.1. Ділянками із двостороннім рухом

Для розв'язання завдання розробки регресійної моделі впливу умов руху на значення показника активності регуляторних систем водія обрана модель лінійного типу. Розмір вибірки при розробці регресійної моделі визначався відповідно до рекомендацій, за якими кількість спостережень повинна бути в 6-7 разів більша кількості факторів, що включаються в модель [308]. Для обчислення коефіцієнтів регресії скористалися методом найменших квадратів [320, 325 - 334]. Характеристики параметрів моделі визначалися за відомими методами статистики [320, 228, 331, 333, 334]. Для обчислення значимості факторів, що входять до моделі, використовувався критерій Стюдента [326, 332 - 334], а також довірчі інтервали кожного з коефіцієнтів регресії [332]. Результати розрахунків наводяться в табл. 3.3, 3.4.

Модель зміни показника активності регуляторних систем водія на ділянці з двостороннім рухом має вигляд

$$P_{\Pi}^{ДВ} = 0,51P_{Д}^{Д} + 0,04\frac{B_{В}}{S_{Т}} + 0,009T_{ДВ} + 0,0004L_{А} - 2,39\frac{U_{Н}}{U}. \quad (3.29)$$

Таким чином, з усіх досліджуваних факторів, значимими виявилися тільки п'ять, про що свідчить розрахункове значення критерію Стюдента, яке більше табличного значення, і відсутність нуля в довірчому інтервалі кожного коефіцієнта моделі.

З аналізу моделі (3.29) можна зробити наступні висновки. Час руху збільшує значення показника активності регуляторних систем водія. Це пояснюється тим, що збільшення часу руху призводить до зростання періоду, протягом якого на водія впливають зовнішні фактори.

Таблиця 3.3 – Характеристика моделі зміни показника активності регуляторних систем водія на ділянці з двостороннім рухом

Фактори	Позначення, розмірність	Межі зміни	Коефіцієнт	Стандартна похибка	Критерій Стьюдента	
					розрахунковий	табличний
Час руху	$T_{ДВ}$, с	5-183	0,009	0,002	4,11	2,00
Довжина автомобіля	L_A , мм	3765-4870	0,0004	0,00009	4,35	
Показник активності регуляторних систем перед початком руху	P_D^D , бали	0,5-8,5	0,51	0,06	9,08	
Відношенні віку водія до його водійського стажу	B_B/S_T	2-21	0,04	0,01	2,92	
Відношення ціни нового автомобіля до питомої потужності двигуна	C_H/U , у.о./ (кВт/т)	0,07-0,7	-2,39	1,45	2,64	

Таблиця 3.4 – Довірчі інтервали коефіцієнтів моделі

Фактор	Межі	
	нижня	верхня
Час руху	0,004	0,013
Довжина автомобіля	0,0002	0,0006
Показник активності регуляторних систем перед початком руху	0,4	0,62
Відношенні віку водія до його водійського стажу	0,013	0,07
Відношення ціни нового автомобіля до питомої потужності двигуна	-5,31	-0,52

Відношення віку водія до його водійського стажу збільшує показник активності регуляторних систем. Цей показник визначає кваліфікацію та вік водія. З підвищенням віку у водія підвищується інтенсивність зміни стану під впливом зовнішнього середовища. Із зростанням стажу у водія підвищується кваліфікація і його затрати праці зменшуються.

Значення показника активності регуляторних систем перед початком руху автомобіля ділянкою збільшує активність регуляторних систем після проїзду через нього. Цей показник визначає початковий стан водія.

Довжина автомобіля збільшує показник активності регуляторних систем. Це відбувається внаслідок того, що зі збільшенням габаритів автомобілів зростають витрати праці водія на керування ним.

Відношення ціни нового автомобіля до питомої потужності двигуна зменшує показник активності регуляторних систем. На автомобільному ринку простежується такий пропорційний зв'язок між зростанням ціни автомобіля і зростанням ергономічних показників автомобіля. Чим дорожче автомобіль, тим вище ергономічні характеристики автомобіля, як це доведено в розділі 2. Водієві легше і комфортніше керувати таким автомобілем.

Результати розрахунків статистичної оцінки моделі наведені в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Статистична характеристика моделі зміни показника активності регуляторних систем водія на ділянці з двостороннім рухом

Показники	Значення
Критерій Фішера: табличний розрахований	1,39 567
Коефіцієнт кореляції	0,99
Середня похибка апроксимації, %	7,6

У результаті проведення оцінних розрахунків можна зробити висновки про припустимість використання отриманої моделі зміни показника активності регуляторних систем водія на ділянці з двостороннім рухом в імітаційній моделі руху легкових автомобілів.

Для аналізу зміни показника активності регуляторних систем водія від умов руху був розроблений графік його зміни залежно від параметрів транспортних засобів, наведений на рис. 3.10. Як видно з цього графіка значення показника активності регуляторних систем залежить від параметрів транспортного засобу.

3.4.2.2. Ділянками із одностороннім рухом

Модель зміни показника активності регуляторних систем водія на ділянці з одnobічним рухом виглядає наступним чином:

$$P_{\Pi}^0 = 0,48P_{\text{д}}^0 + 0,1 \frac{B_{\text{в}}}{S_{\text{т}}} - 0,007T_{\text{дв}} + 0,0004L_{\text{а}} - 2,83 \frac{U_{\text{н}}}{U} + 1,31L_{\text{у}}. \quad (3.30)$$

Таким чином, з усіх досліджуваних факторів, значимими виявилися тільки шість, про що свідчить розрахункове значення критерію Стюдента, яке більше табличного значення, і відсутність нуля в довірчому інтервалі кожного коефіцієнта моделі. Результати розрахунків наведені в табл. 3.6 - 3.7.

З аналізу моделі (3.30) можна зробити наступні висновки. Аналіз причин значимості цих факторів за винятком часу руху може дати висновки аналогічні випадку аналізу моделі (3.29). Додатково в цій моделі значимим виявився фактор довжини ділянки. Сукупний вплив часу руху і довжини ділянки визначає його закономірності. Довжина ділянки визначає період впливу на водія зовнішніх факторів, а час визначає умови руху.

Результати розрахунків статистичної оцінки моделі наведені в табл. 3.8.

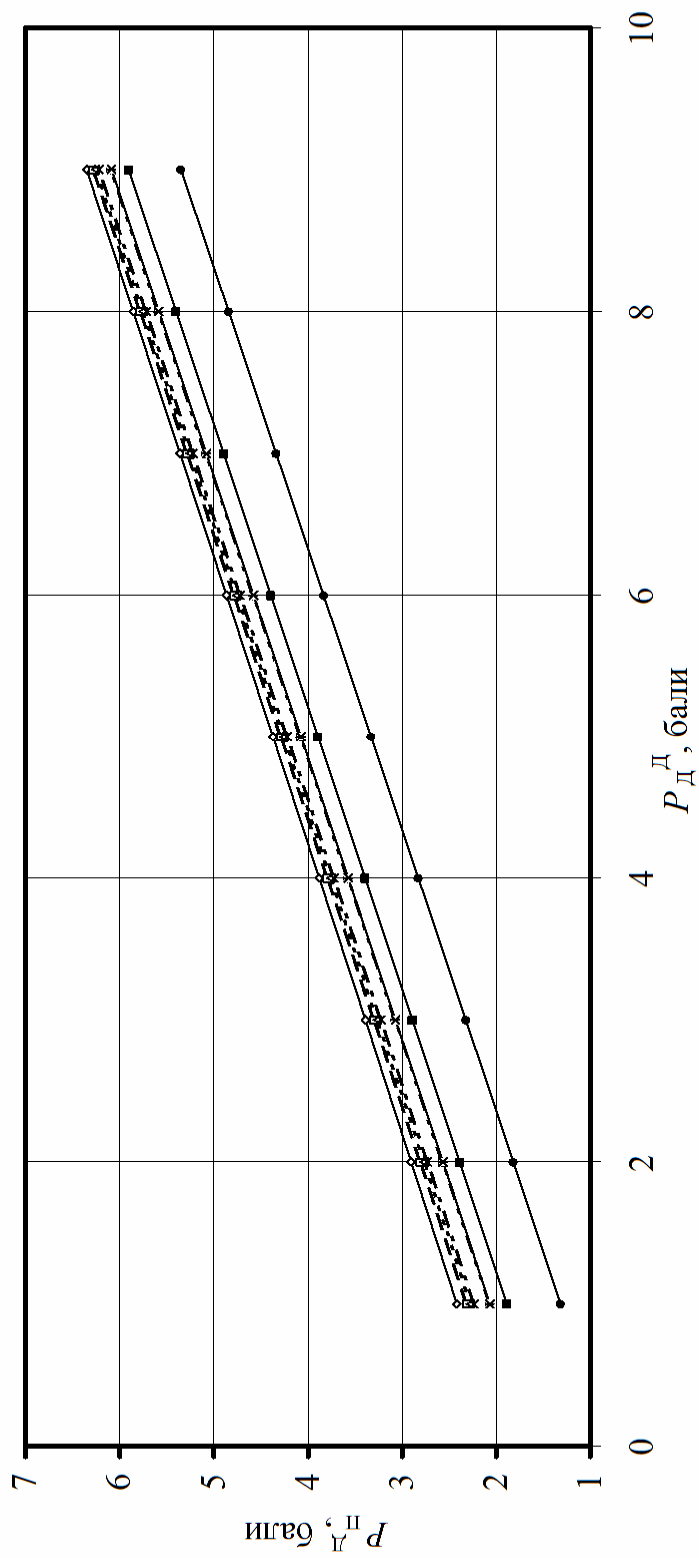


Рис. 3.10 – Графік зміни показника активності регуляторних систем водія на ділянці з двостороннім рухом:

- \diamond — 3A3-968м;
- \times — BA3-2106;
- \square — Mitsubishi gallant 1.8 GLi;
- \square — BA3-21013;
- \bullet — Honda Civic 1.6;
- \diamond — Mercedes SL320.
- \triangle — BA3-2103;
- \times — VW Bora 1.6;

Таблиця 3.6 – Характеристика моделі зміни показника активності регуляторних систем водія на ділянці з одностороннім рухом

Фактори	Позначення, розмірність	Межі зміни	Коефіцієнт	Стандартна похибка	Критерій Стьюдента	
					розрахунковий	табличний
Показник активності регуляторних систем перед початком руху	$P_{\text{д}}^0$, бали	1-8,8	0,48	0,093	5,12	2,00
Відношення віку водія до його водійського стажу	$B_{\text{в}}/S_{\text{т}}$	2-21	0,1	0,019	5,18	
Час руху	$T_{\text{дв}}$,	10-202	-0,007	0,0025	2,86	
Відношення ціни нового автомобіля до питомої потужності двигуна	$C_{\text{н}}/U$, у.о./ (кВт/т)	0,07-0,7	-2,83	0,57	5,0	
Довжина автомобіля	$L_{\text{а}}$, мм	3765-4870	0,0004	0,00009	4,1	
Довжина ділянки	$L_{\text{у}}$, км	0,02-0,77	1,3	0,53	2,45	

Таблиця 3.7 – Довірчі інтервали коефіцієнтів моделі

Фактор	Межі	
	нижня	верхня
Показник активності регуляторних систем перед початком руху	0,29	0,67
Відношення віку водія до його водійського стажу	0,06	0,14
Час руху	-0,012	-0,002
Відношення ціни нового автомобіля до питомої потужності двигуна	-3,99	-1,67
Довжина автомобіля	0,00018	0,0005
Довжина ділянки	0,21	2,4

Таблиця 3.8 – Статистична характеристика моделі зміни показника активності регуляторних систем водія на ділянці з одностороннім рухом

Показники	Значення
Критерій Фішера: табличний розрахований	1,39 389,33
Коефіцієнт кореляції	0,99
Середня похибка апроксимації, %	7,2

У результаті проведених розрахунків можна дійти висновку про припустимість використання отриманої моделі зміни показника активності регуляторних систем водія на ділянці з одностороннім рухом в імітаційній моделі руху легкових автомобілів.

Для аналізу зміни показника активності регуляторних систем водія залежно від умов руху було розроблено графік його зміни залежно від параметрів транспортних засобів, який наведений на рис. 3.11. Характер зміни показника активності регуляторних систем водія на ділянці з одностороннім рухом аналогічний його зміні на ділянці з двостороннім рухом.

3.4.3. Вплив стану водія та умов руху на технічну швидкість транспортних засобів на ділянках між перехрестями

3.4.3.1. На ділянках із двостороннім рухом

Модель зміни швидкості руху автомобіля на ділянці з двостороннім рухом виглядає наступним чином:

$$V^D = 3,61P_{\text{д}}^D + 0,63S_{\text{т}} + 21,45L_{\text{в}} - 0,009\frac{N}{K} + 0,25U . \quad (3.31)$$

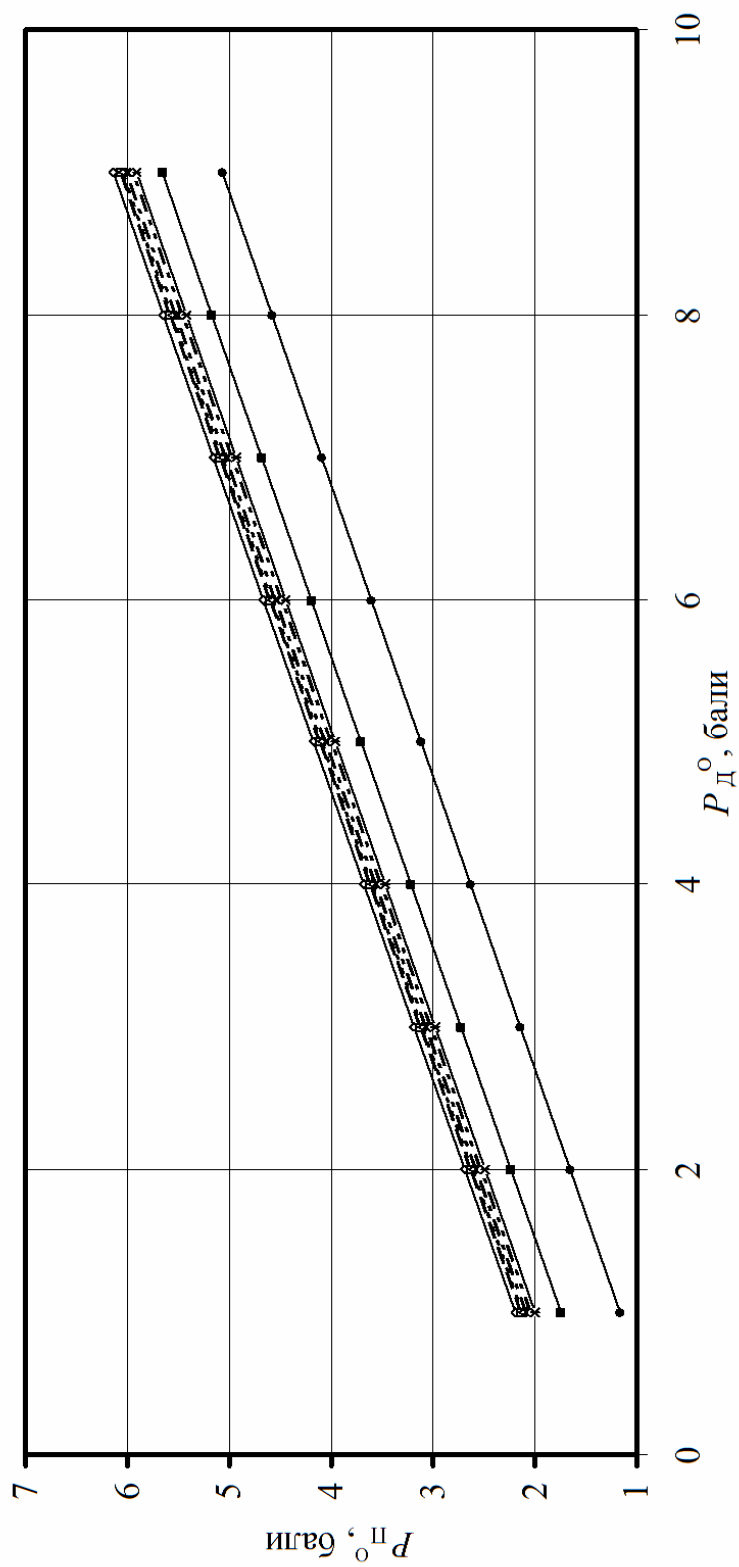


Рис. 3.11 – Графік зміни показника активності регуляторних систем водія на ділянці з одностороннім рухом:

- ◇— 3A3-968M; —□— BA3-2103;
- ××— BA3-2106; —●— Honda Civic 1.6;
- Mitsubishi gallant 1.8 GLi; —◇— Mercedes SL320.
- x— VW Bora 1.6;

Результати розрахунків параметрів моделі наведені в табл. 3.9, 3.10.

Таблиця 3.9 – Характеристика моделі зміни технічної швидкості руху автомобіля на ділянці з двостороннім рухом

Фактори	Позначення, розмірність	Межі зміни	Коефіцієнт	Стандартна похибка	Критерій Ст'юдента	
					розрахунковий	табличний
Довжина ділянки маршруту	L_y , км	0,035-1,23	21,45	2,51	8,54	2,00
Водійський стаж	S_T , роки	1-23	0,63	0,29	2,16	
Показник активності регуляторних систем перед початком руху	P_d^d , бали	1,4-8	3,61	0,61	5,35	
Питома потужність двигуна	U , кВт/т	35,2-100	0,25	0,048	5,18	
Відношення інтенсивності транспортного потоку на ділянці до кількості смуг в напрямку руху автомобіля	N/K , (авт./год)/од.	6-1014	-0,009	0,004	-2,06	

Таблиця 3.10 – Довірчі інтервали коефіцієнтів моделі

Фактор	Межа	
	нижня	верхня
Довжина ділянки маршруту	16,42	26,48
Водійський стаж	0,05	1,21
Показник активності регуляторних систем перед початком руху	2,26	4,96
Питома потужність двигуна	0,15	0,34
Відношення інтенсивності транспортного потоку на ділянці до кількості смуг в напрямку руху	-0,02	-0,0002

Таким чином, з усіх досліджуваних факторів, значимими виявилися тільки п'ять, про що свідчить розрахункове значення критерію Стюдента, яке більше табличного значення, і відсутність нуля в довірчому інтервалі кожного коефіцієнта моделі.

З аналізу моделі (3.31) можна зробити наступні висновки.

Довжина ділянки маршруту збільшує середню технічну швидкість автомобіля, внаслідок того, що вона впливає на той час, що легковий автомобіль може рухатися з максимально дозволеною швидкістю. Чим більше довжина ділянки, тим менше питома вага витрат часу на розгін і гальмування автомобіля після і перед перехрестям.

Водійський стаж збільшує значення залежної змінної. При збільшенні стажу росте майстерність водія. Це позначається на можливості збільшувати швидкість руху.

Питома потужність двигуна визначає динамічні характеристики транспортного засобу і впливає на збільшення технічної швидкості.

У цій моделі відношення інтенсивності транспортного потоку до кількості смуг руху виступає в ролі показника рівня завантаження. На ділянці з великим рівнем завантаження середня швидкість автомобіля зменшується.

Середню швидкість руху автомобіля на ділянці маршруту також збільшує значення показника активності регуляторних систем перед початком руху на ділянці. Високе значення показника активності регуляторних систем свідчить про розвиток стомлення, яке зменшує можливість водія аналізувати інформацію про умови руху. Це призводить до збільшення швидкості руху.

Після розрахунків моделі проводилась її статистична оцінка. Результати розрахунків наводяться в табл. 3.11.

У результаті проведення оцінних розрахунків можна зробити висновок про припустимість використання отриманої моделі зміни швидкості на ділянці з двостороннім рухом в імітаційній моделі.

Таблиця 3.11 – Статистична характеристика моделі зміни технічної швидкості автомобіля на ділянці з двостороннім рухом

Показники	Значення
Критерій Фішера: табличний розрахований	1,39 367,18
Коефіцієнт кореляції	0,98
Середня похибка апроксимації, %	9,5

Для аналізу зміни технічної швидкості було розроблено графік її зміни в залежності від параметрів транспортних засобів, який наведений на рис. 3.12. Як видно з цього графіка, швидкість руху залежить від марки транспортного засобу та стану водія.

3.4.3.2. На ділянках з одностороннім рухом

Результати розрахунків параметрів моделі зміни технічної швидкості на ділянці з одностороннім рухом наведено в табл. 3.12, 3.13.

Модель виглядає наступним чином:

$$V^O = 2,27P_{\text{д}}^O + 0,3S_{\text{т}} + 44,22L_{\text{в}} + 0,27U - 0,009N. \quad (3.32)$$

У цій моделі, з усіх досліджуваних факторів, значимими виявилися тільки п'ять, про що свідчить розрахункове значення критерію Стюдента, яке більше табличного значення, і відсутність нуля в довірчому інтервалі кожного коефіцієнта моделі

З аналізу моделі (3.32) можна зробити наступні висновки. Аналіз причин значимості цих факторів може дати аналогічні висновки, як і у випадку аналізу моделі (3.31).

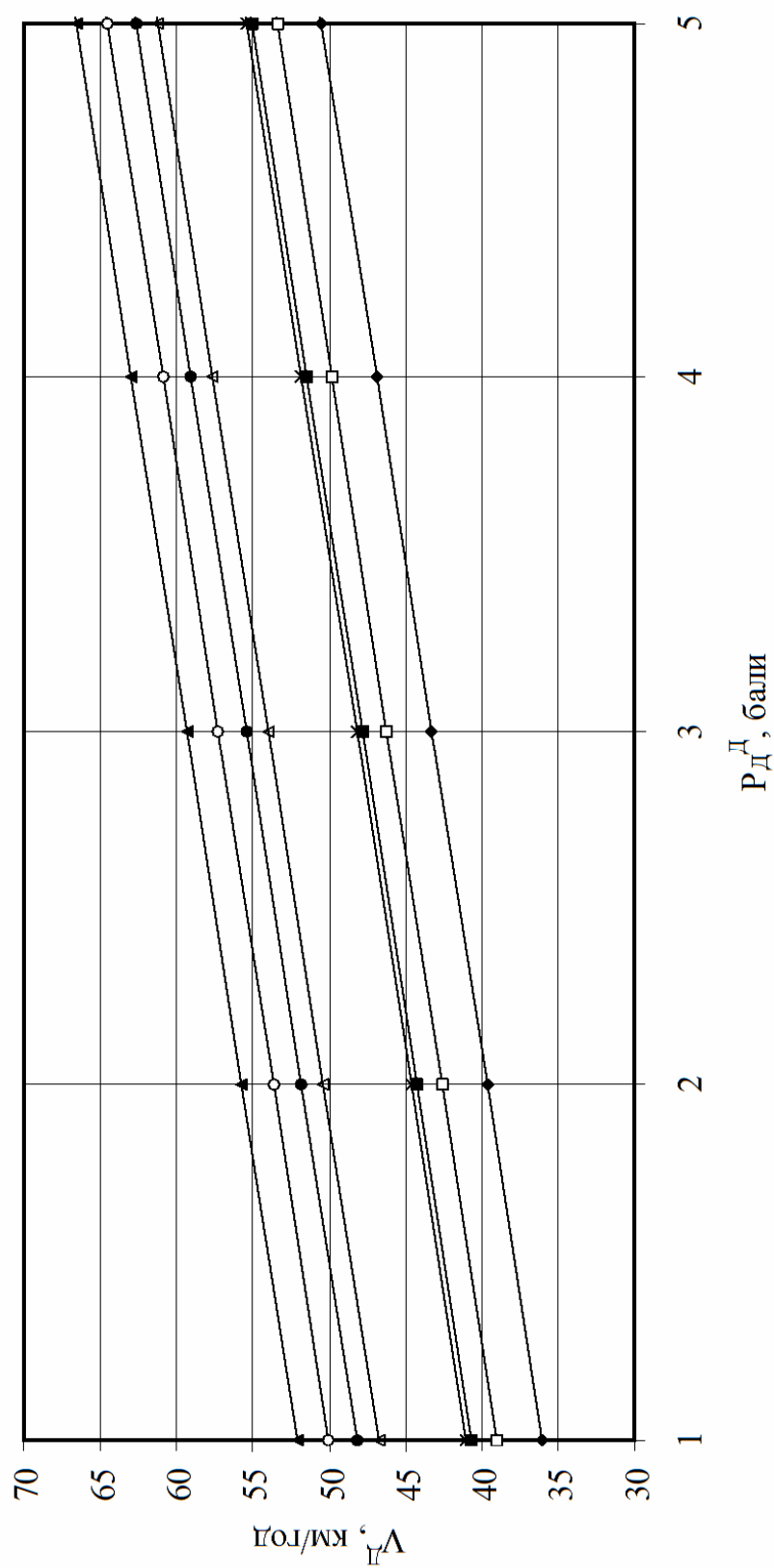


Рис. 3.12 – Графік зміни швидкості руху на ділянці з двостороннім рухом:

- 3A3-968M; —■— BA3-2103;
- *— BA3-2106; —□— BA3-21013;
- ▲— Mitsubishi gallant 1.8 GLi; —▲— Mercedes SL320.
- VW Bora 1.6;

Таблиця 3.12 – Характеристика моделі зміни технічної швидкості автомобіля на ділянці з одностороннім рухом

Фактори	Позначення, розмірність	Межі зміни	Коефіцієнт	Стандартна похибка	Критерій Стьюдента	
					розрахунковий	табличний
Довжина ділянки	L_y , км	0,02-0,77	44,22	2,79	15,84	2,00
Інтенсивність транспортного потоку на ділянці в напрямку руху	N , авт./год	44-1322	-0,009	0,003	3,49	
Водійський стаж	S_T , роки	21-23	0,3	0,14	2,18	
Показник активності регуляторних систем перед початком руху	P_d^o , бали	1-5	2,27	0,44	5,1	
Питома потужність двигуна	U , кВт/т	35,2-100	0,27	0,04	6,85	

Таблиця 3.13 – Довірчі інтервали коефіцієнтів моделі

Фактор	Межа	
	нижня	верхня
Довжина ділянки маршруту	38,5	49,9
Інтенсивність транспортного потоку на ділянці в напрямку руху	-0,015	-0,004
Водійський стаж	0,019	0,58
Показник активності регуляторних систем перед початком руху	1,36	3,17
Питома потужність двигуна	0,19	0,36

Однак, у моделі (3.32) з'явився новий фактор – інтенсивність транспортного потоку на ділянці в напрямку руху. Інтенсивність транспортного потоку на ділянці в напрямку руху автомобіля знижує середню швидкість руху автомобіля на ділянці маршруту. Чим більше автомобілів знаходиться на певному відрізку шляху сполучення, тим менші можливості для маневрування автомобіля, що призводить до зниження середньої швидкості на певній ділянці.

Результати розрахунків статистичної оцінки моделі наведені в табл. 3.14.

Таблиця 3.14 – Статистична характеристика моделі зміни технічної швидкості автомобіля на ділянці з одностороннім рухом

Показники	Значення
Критерій Фішера: табличний розрахований	1,39 583
Коефіцієнт кореляції	0,99
Середня похибка апроксимації, %	7,4

У результаті проведення оцінних розрахунків можна зробити висновок про припустимість використання отриманої моделі зміни технічної швидкості автомобіля на ділянці з одностороннім рухом в імітаційній моделі руху легкових автомобілів.

Для аналізу зміни швидкості руху було розроблено графік його зміни залежно від параметрів транспортних засобів, який наведено на рис. 3.13. Як видно з цього графіка, розподіл швидкості руху на ділянці з одностороннім рухом відповідає її розподілу на ділянці з двостороннім рухом.

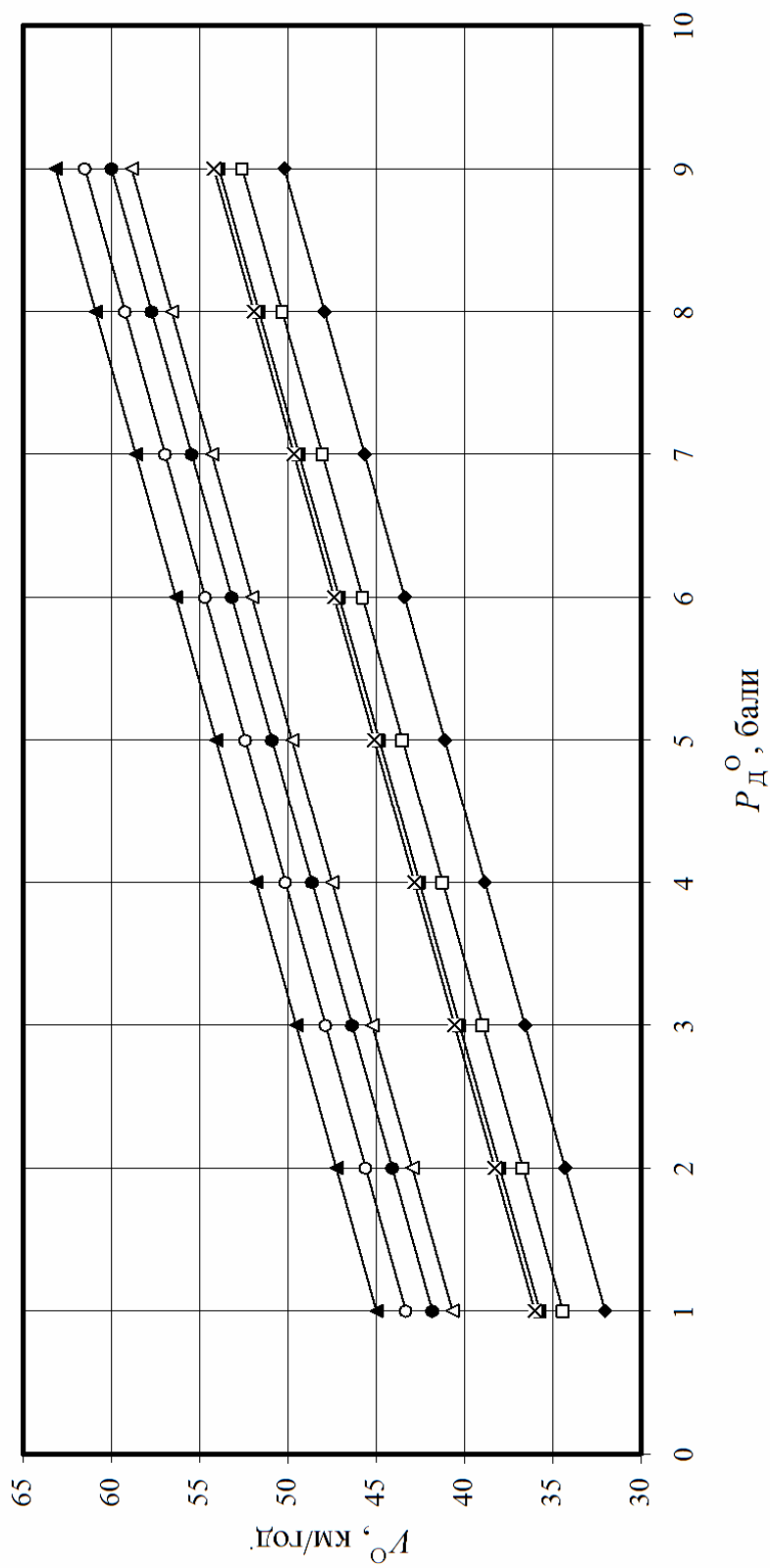


Рис. 3.13 – Графік зміни швидкості руху на ділянці з одностороннім рухом:

- BA3-968M;
- ×— BA3-2106;
- ▲— Mitsubishi Gallant 1.8 GLi;
- ◻— BA3-2103;
- ◐— Honda Civic 1/6;
- Mercedes SL320.
- ◑— VW Bora 1.6;

3.5. Питання для самоперевірки та контролю знань

1. Вкажіть сутність ергономічного забезпечення організації дорожнього руху.
2. Надайте характеристику принципам взаємодії водія з природним середовищем. В чому полягає їх застосування при розробці проектних рішень щодо ергономічного забезпечення організації дорожнього руху?
3. Вкажіть фактори, що впливають на швидкість руху транспортних засобів в потоці.
4. Надайте характеристику методів опису транспортної мережі міста. Вкажіть їх переваги та недоліки.
5. Вкажіть критерії вибору шляху сполучення та дайте характеристику їх значимості.
6. Перелічте фактори, які впливають на час руху транспортних засобів через відповідні елементи траси маршруту.
7. Від чого залежить перевага критерію вибору шляхів сполучення водіями немаршрутизованих транспортних засобів?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Введение в эргономику / Под ред. В.П. Зинченко. – М.: Советское радио, 1974. – 352 с.
2. Зинченко В.П. Основы эргономики / Зинченко В.П., Мунипов В.М. – Москва: Изд-во Моск. Ун-та, 1979. – 344 с.
3. Зинченко В.П.. Эргономические основы организации труда / Зинченко В.П., Мунипов В.М., Г.Л.Смолян. – М.: Экономика, 1974. – 240 с.
4. Голобородько В.М. Вибрані глави проектувальної ергономіки. Антропоморфний фактор: навчальний посібник / Голобородько В.М. – К.: ІЗМН, 1999. – 200 с.
5. Инженерная психология / Г.К. Середа, С.П. Бочарова, Г.В. Репкина, Б.А. Смирнов. – К.: Высш. шк., 1976. – 308 с.
6. Основы инженерной психологии / под ред. Ломова Б.Ф. – М.: Высшая школа, 1986. – 448 с.
7. Научная организация труда и управления в дорожном строительстве / Сиденко В.М., Батраков О.Т., Гаврилов Э.В., Липский Г. Е. – К.: Вища школа, 1976. – 176 с.
8. Леонова А.Б. Функциональное состояние человека в трудовой деятельности / Леонова А.Б., Медведев В.И. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1981. – 112 с.
9. Системологія на транспорті. Ергономіка / Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін. ; під ред. М. Ф. Дмитриченка. – К. : Знання України, 2008. – 256 с. – (5 кн. / Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.; кн. 5).
10. Системологія на транспорті. Основи теорії систем і управління / Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін. ; під ред. М. Ф. Дмитриченка – К. : Знання України, 2005. – 344 с. – (5 кн. / Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.; кн. 1).

11. Спирин И.В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками / Спирин И.В. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 400 с.

12. Матанцева О.Ю. Анализ механизма принятия решений при организации автобусных перевозок / Матанцева О.Ю. // Совершенствование организации и управления перевозочным процессом на пассажирском автомобильном транспорте. – М.: НИИАТ, 1988. – С. 100-107.

13. Рыженко Л.И. Оценка качества обслуживания пассажиров городским транспортом / Рыженко Л.И. // Совершенствование организации и управления перевозочным процессом на пассажирском автомобильном транспорте. – М.: НИИАТ, 1988.–С. 65-75.

14. Организация перевозок пассажиров автомобильным транспортом / Штанов В.Ф., Поберезкин Г.А, Ищенко В.И., Чумаченко А.И. – Киев: Техника, 1988. – 94 с.

15. Пассажирские автомобильные перевозки / В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Вельможин, С.А. Ширяев; под ред. В.А. Гудкова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 448 с.

16. Пассажирские автомобильные перевозки / Афанасьев Л.Л., Воркут А.И., Дьяков А.Б. и др. – М.: Транспорт, 1986. – 220 с.

17. Ефремов И. С. Теория городских пассажирских перевозок / И. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. А. Юдин. – М. : Высш. Шк., 1980. – 535 с.

18. Доля В. К. Теоретические основы и методы организации маршрутных автобусных перевозок пассажиров в крупнейших городах : дисс. доктора техн. наук / В.К. Доля – М.: МАДИ., 1993. – 301с.

19. Володин Е.П. Организация и планирование перевозок автомобильным транспортом / Володин Е.П., Громов Н.И. – М.: Транспорт, 1982. – 224 с.

20. Организация перевозок пассажиров автомобильным транспортом / Голованенко С.Л., Крамаренко И.Г., Перфильев В.В., Сословский В.Г. – Киев: Техника, 1981. – 167 с.
21. Таранов А. Т. Перевозка пассажиров автомобильным транспортом / А. Т. Таранов // уч. пособие для инженерно – экономических ВУЗов и факультетов. – М. : Транспорт, 1972. – 316 с.
22. Юдин В.А. Городской транспорт / Юдин В.А., Самойлов Д.С. – М.: Стройиздат, 1975. – 287 с.
23. Блатнов М.Д. Пассажирские автомобильные перевозки / Блатнов М.Д. – М.: Транспорт, 1981. – 222 с.
24. Дуднев Д.И. Организация перевозок пассажиров автомобильным транспортом / Дуднев Д.И., Климова М.И., Менн А.А. – М.: Транспорт, 1974. – 296 с.
25. Митайшвили Р.Л. Система показателей хозяйственной деятельности на пассажирском автомобильном транспорте / Митайшвили Р.Л. – М.: Транспорт, 1982. – 288 с.
26. Миронов А.Н. О создании системы изучения и спроса населения на услуги автомобильного транспорта / Миронов А.Н., Михайлов А.А. // Совершенствование организации и управления перевозочным процессом на пассажирском автомобильном транспорте. – М.: НИИАТ, 1988. – С. 152-169.
27. Варелопуло Г.А. Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте / Варелопуло Г.А. – М.: Транспорт, 1990. – 208 с.
28. Артемов С.П. Перевозки пассажиров автомобильным пассажирским транспортом / Артемов С.П., Блатнов М.Д. – М.: Транспорт, 1970. – 248 с.
29. Блатнов М.Д. Пассажирские автомобильные перевозки / Блатнов М.Д. – М.: Транспорт, 1973. – 304 с.

30. Мун Э.Е. Организация перевозок пассажиров маршрутными такси / Мун Э.Е., Рубец А.Д. – М.: Транспорт, 1986. – 136 с.

31. Коцюк А.Я. Совершенствование автобусных маршрутных систем в крупных и крупнейших городах: автореф. дисс... канд. техн. наук: 05.22.10 / Коцюк А.Я. – К.: КАДИ, 1990. – 20 с.

32. Вейцман В.М. Разработка рациональных схем городских автобусных маршрутов: автореф. дисс... канд. техн. наук: 05.22.10 / Вейцман В.М. – М.: МАДИ, 1987. – 20 с.

33. Сафронов Э.А. Научно-методические основы развития систем городского пассажирского транспорта (города от 100 до 500 тыс. жителей): автореф. дисс... д-ра техн. наук: 05.22.01 / Сафронов Э.А. – М.: МАДИ, 1991. – 50 с.

34. Вдовиченко В.О. Ефективність функціонування міської пасажирської транспортної системи: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.01 / Вдовиченко В.О. – К.: НТУ, 2004. – 20 с.

35. Управление пассажирским автотранспортом / Рева В.М., Лигум Ю.С., Вайншток М.А., Ситников В.Е. – Киев: Техника, 1985. – 167 с.

36. Антошвили М.Е. Определение необходимого количества подвижного состава для работы на городских автобусных маршрутах / Антошвили М.Е., Спирин И.В. // Научно-технический реферативный сборник, №10. – М.: ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР, 1975. – 15 с.

37. Антошвили М.Е. Организация городских автобусных перевозок с применением математических методов и ЭВМ / Антошвили М.Е., Варелопуло Г.А., Хрущев М.В. – М.: Транспорт, 1974. – 104 с.

38. Балоян Г.Г. Организация работы городского пассажирского транспорта с учетом суточной неравномерности перевозок / Балоян Г.Г., Михайлов А.А., Тхайцукова Г.В. // Пассажирские перевозки автомобильным транспортом. Сер.3. – М.: ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР. – 1982. – Вып.1. – С. 1-8.

39. Методика организации маршрутных автобусных перевозок по периодам суток / Г.А. Гуревич, Р.В. Тхайцукова, М.Я. Блинкин и др. – М.: НИИАТ, 1985. – 115 с.

40. Конин И.В. Разработка метода оценки сложности автобусных маршрутов: автореф. дисс... канд. техн. наук: 05.22.10 / Конин И.В. – М.: МАДИ, 1993. – 24 с.

41. Гаврилов Э.В. Эргономика на автомобильном транспорте. / Гаврилов Э.В. – К.: Техника, 1976. – 152 с.

42. Каплан И.Т. Пути повышения эффективности АСУ автобусными перевозками / Каплан И.Т. // Совершенствование организации и управления перевозочным процессом на пассажирском автомобильном транспорте. – М.: НИИАТ, 1988. – С. 50-55.

43. Гуревич Г.А. Диалоговая процедура составления маршрутных расписаний с помощью микро-ЭВМ / Гуревич Г.А., Рапопорт Ю.М. // Совершенствование организации и управления перевозочным процессом на пассажирском автомобильном транспорте. – М.: НИИАТ, 1988. – С. 91-99.

44. Малышев А.И. Совершенствование планирования и организации автомобильных перевозок / Малышев А.И. – М.: Транспорт, 1965. – 165 с.

45. Таранов А.Т. Пути развития перевозок пассажирским автомобильным транспортом / Таранов А.Т. – М.: Автотранс. издат., 1980. – 86 с.

46. Павленко Г.П. Автоматизированные системы диспетчерского управления движением городского транспорта / Павленко Г.П., Половников В.С., Лопатин А.П. – М.: Транспорт, 1979. – 207 с.

47. Буров А.Ю. Система психофизиологического обеспечения надежности персонала автотранспортных предприятий / Буров А.Ю. // Материалы международной конференции «Эргономика на автомобильном транспорте». – Харьков, ХГАДТУ, 1997. – С. 100-101.

48. Организация и планирование грузовых автомобильных перевозок / Под ред. Л.А. Александрова. – М.: Высш. школа, 1977. – 335 с.

49. Капленко А.С. Формирование понятий о проектировании операторской деятельности у студентов вуза / Капленко А.С. // Материалы международной конференции «Эргономика на автомобильном транспорте». – Харьков, ХГАДТУ, 1997. – С. 125-129.

50. Крохин М.Н. Оптимальная длительность работы и отдыха локомотивной бригады. Какой ей быть? [Электронный ресурс] / Крохин М.Н., Кирпичников А.Б. – Режим доступа: <http://www.edv.ru>.

51. Мишурин В.М. Надежность водителя и безопасность движения / Мишурин В.М., Романов А.Н. – М.: Транспорт, 1990. – 167 с.

52. Лобанов Е. М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя / Лобанов Е. М. – М. : Транспорт, 1980. – 311 с.

53. Вольпер Г.И. Физиологическое обоснование режимов труда водителей автомобилей, занятых перевозками пассажиров: автореф. дисс... канд. мед. наук: 03.14.02 / Вольпер Г.И. – М., 1977. – 24 с.

54. Вайсман А.И. Гигиена труда водителей автомобилей / Вайсман А.И. – М.: Медицина, 1988. – 192 с.

55. Осипова О.В. Периоды снижения работоспособности водителей и их профилактика / Осипова О.В. // Актуальные проблемы профилактики травматизма при ДТП / Тез. докл. Всесоюзная конф. – Горький, 1984. – С. 128-130.

56. Волков В.Г. Методы и устройства для оценки функционального состояния и уровня работоспособности человека-оператора / Волков В.Г., Машкова В.М. – М.: Наука, 1993. – 208 с.

57. Ротенберг Р. В. Основы надежности системы водитель-автомобиль-дорога-среда / Р. В. Ротенберг. – М. : Машиностроение, 1986. – 216 с.

58. Вайсман А.И. Здоровье водителей и безопасность дорожного движения / Вайсман А.И. – М.: Транспорт, 1979. – 137 с.

59. Вольпер Г.И. Физиологическое обоснование режимов труда водителей автомобилей, занятых перевозками пассажиров / Вольпер Г.И. // Медико-биологические проблемы трудовой деятельности водителей автомобилей. – М.: МАДИ, 1979. – С. 112-114.
60. Эргономика / Под ред. В.Ф. Венда. - М.: Мир, 1971. - 421 с.
61. Шпенст В.И. Повышение производительности труда на автомобильном транспорте / Шпенст В.И. – М.: Транспорт, 1979. – 168 с.
62. Основы инженерной психологии / Б.А. Душков, Б.Ф. Ломов, В.Ф. Рубахин, Б.А. Смирнов; под ред. Б.Ф. Ломова. – М.: Высш. школа, 1986. – 448 с.
63. Крушельницька Я.В. Фізіологія і психологія праці / Крушельницька Я.В. – К.: КНЕУ, 2003. – 367 с.
64. Голованенко С.Л. Планирование производительности труда работников АТП / Голованенко С.Л., Скорик А.П., Шинкаренко В.Г. – К.: Техніка, 1984. – 48 с.
65. Трошихин В.А. Функциональная подвижность нервных центров и профессиональный отбор / Трошихин В.А., Молдавская В.И., Кольченко Н.В. – К.: Наук. Думка, 1978. – 226 с.
66. Справочник инженера-экономиста автомобильного транспорта / С.Л. Голованенко, О.М. Жарова, Т.И. Маслова, В.Г. Посыпай; под ред. С.Л. Голованенко. – К.: Техника, 1991. – 351 с.
67. Руководство по физиологии труда / Под ред. З.М. Золиной, Н.Ф. Измерова. – М.: Медицина, 1983. – 528 с.
68. Львов В.М. Пути совершенствования нормативной базы транспортных средств в области эргономики / Львов В.М., Руденко В.Н. // Материалы международной конференции «Эргономика на автомобильном транспорте». – Харьков, ХГАДТУ, 1997. – С. 106-108.
69. Положення про робочий час і час відпочинку водіїв автотранспортних засобів [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://zakon.rada.gov.ua>.

70. Ходош М.С. Организация, экономика и управление перевозками грузов автомобильным транспортом / Ходош М.С., Дасковский Б.А. – М.: Транспорт, 1989. – 287 с.

71. Таранов А.Т. Перевозка пассажиров автомобильным транспортом / Таранов А.Т. – М.: Транспорт, 1960. – 86 с.

72. Талиций И.И. Безопасность движения на автомобильном транспорте: Справочник / Талиций И.И., Чугуев В.Л., Щербинин Ю.Ф. – М.: Транспорт, 1988. – 158 с.

73. Глушко О.В. Труд и здоровье водителя автомобиля. / Глушко О.В., Ключев Н.В. – М.: Москва, Транспорт, 1976. – 176 с.

74. Методичні рекомендації з питань безпеки автомобільних перевезень від 19.09.2003. – Київ: Державний Департамент автомобільного транспорту, 2003. – №11. – 23 с.

75. Ходжабегова К.Л. Обеспечение условий и режима работы водителей в целях профилактики ДТП. Режим труда и отдыха / Ходжабегова К.Л., Ульченко Р.И. // Безопасность дорожного движения. Обзорная информация. – М.: ВНИИ БДД, 1981. – Вып.3 (18). – С. 11 -17.

76. Дорофеева Е.Д. Сравнительная оценка состояния здоровья водителей автобусов за 10 лет / Дорофеева Е.Д. // Медико-биологические проблемы на автотранспорте. – М.: НИИ гигиены им. Ф.Ф. Эрсмана, 1982. – С. 57-61.

77. Психология и физиология шофера / Э. Бена, И. Госковец, И. Штикар; под ред. Л.А. Богданович – М.: Москва, Транспорт, 1965. – 191 с.

78. Дмитриев О.А. Междугородные автобусные перевозки / Дмитриев О.А. – М.: Транспорт, 1982. – 216 с.

79. Куршин А.Б. Организация перевозок пассажиров в международном сообщении / Куршин А.Б., Николаев Б.В. – М.: ООО «Красная площадь», 1999. – 138 с.

80. Артемьев С.П. Междугородные и международные автомобильные перевозки / Артемьев С.П. – М.: Транспорт, 1968. – 164 с.

81. Жулев В.И. Водитель и безопасность дорожного движения / Жулев В.И. – М.: ДОСААФ, 1984. – 159 с.
82. Физиологические принципы разработки режимов труда и отдыха / Под ред. В.И. Медведева. – М.: Наука, 1984. – 140 с.
83. Смирнов Е.Л. Справочное пособие по НОТ / Смирнов Е.Л. – М.: Экономика, 1981. – 408 с.
84. Васильченко А.И. Об оптимизации основных параметров работы городского пассажирского транспорта / Васильченко А.И., Толкач В.В. // Методы оптимального планирования и управления в городском хозяйстве (пассажирский транспорт). – Владивосток: ИАПУ ДВНЦ АН СССР, 1976. – С. 38-44.
85. Adebisi O.A. Matematical model for headway variance of bixed - route buses / Adebisi O.A. // Transportation research. – 1986. – Vol.20, №1. – P. 53-70.
86. William C. Jordan Zone scheduling of bus routes to improve service reliability / William C. Jordan, Mark A. Tuphguist // Transportation science. – 1979. – Vol.13, №3. – P. 242-267.
87. Балясникова Р.М. О выборе параметров диспетчерского управления городским пассажирским транспортом / Балясникова Р.М. // Методы оптимального планирования и управления в городском хозяйстве (пассажирский транспорт). – Владивосток: ИАПУ ДВНЦ АН СССР, 1976. – С. 50-56.
88. Насретдинов К.Б. Экономико-математические модели планирования и организации работы пассажирского транспорта в городах / Насретдинов К.Б. – Ташкент: Фан, 1987. – 108 с.
89. Powel W. A probabilistic model of bus route performance / Powel W., Sheffi Y. // Transportation science. – 1983, 17, №4. – P. 376-404.
90. Аникст М.Т. Исследование задачи оптимального выбора параметров расписания для одиночного маршрута городского пассажирского транспорта / Аникст М.Т., Пупычев А.В. // Методы

оптимального планирования и управления в городском хозяйстве (пассажирский транспорт). – Владивосток: ИАПУ ДВНЦ АН СССР, 1976. – С. 66-85.

91. Шабалин Б.А. Обеспечение надежности исполнения заданного расписанием режима движения автобусов городских маршрутов: дисс... канд. техн. наук / Б.А. Шабалин – М., 1984. – 134 с.

92. Foti G. Un modello stocastico dell'irregolarita nelle reti di trasporto pubblico urbano / Foti G., Morello E., Piglione F. // Atti dell giornate di lavoro. – 1983, 26-28 set. – P. 349-365.

93. Аникст М.Т. Моделирование работы городского пассажирского транспорта / Аникст М.Т., Артынов А.П., Скалецкий В.В. // Управление и информация. – Владивосток: ИАПУ ДВНЦ АН СССР. – 1974. – Вып.13. – С. 84-94.

94. Шульга Ю.Н. Объемные стохастические сети и их приложения к моделированию транспортных процессов: Препр. / Шульга Ю.Н. / АН УССР; 86-10. – К.: 1986. – 37 с.

95. Шульга Ю.Н. Определение количества подвижного состава для маршрутов городского пассажирского транспорта / Шульга Ю.Н., Овчаренко В.В. // Экономика и математические методы. – 1971. – Вып.3. – Т.7. – С. 72-77.

96. Раскин Е.М. Аналитическая модель времени ожидания на маршрутизированном транспорте / Раскин Е.М. // Вопросы проектирования автоматизированных систем управления транспортом. – Омск: Западно-сибирское книжное издательство. Омское отделение. – 1976. – Вып.2 – С. 90-96.

97. Аникст М.Т. Моделирование и оптимизация работы пассажирского транспорта на маршрутной сети города / Аникст М.Т., Пупычев А.В. // Экономико-математические методы планирования и управления в системе городского хозяйства. – Владивосток: ИАПУ ДВНЦ АН СССР, 1977. – С. 43-61.

98. Воркут А.И. Моделирование процессов накопления грузов и пассажиров в транспортных системах / Воркут А.И. – Киев: Знание, 1977. – С. 24 .

99. Кальней Г.И. Некоторые вопросы оптимального функционирования городского пассажирского транспорта/ Кальней Г.И. // Автоматизированные системы управления и технические средства. – Омск: Западно-сибирское книжное издательство. Омское отделение. – 1973. – Вып.1. – С. 130-135.

100. Аррак А. Социально-экономическая эффективность пассажирских перевозок / Аррак А. – Таллин: Ээсти раамат, 1982. – 198 с.

101. Сурков Ф.А. Об имитационной математической модели транспортного маршрута / Сурков Ф.А., Новиков В.В. // Моделирование процессов управления транспортными системами. – Владивосток: ИАПУ ДВНЦ АН СССР, 1977. – С. 111-112.

102. Артынов А.П. Имитация движения поездов на сети городского пассажирского транспорта / Артынов А.П., Васильченко А.И., Скалецкий В.В. // Методы оптимального планирования и управления в городском хозяйстве (пассажирский транспорт). – Владивосток: ИАПУ ДВНЦ АН СССР, 1976. – С. 106-114.

103. Бурковский В.Л. Моделирование и анализ схем организации движения городского пассажирского транспорта: дисс... канд. техн. наук / В.Л. Бурковский – Томск, 1976. – 161 с.

104. Платонов Г.А. Постановка задачи оптимизации и моделирования работы городского транспорта в часы пик / Платонов Г.А., Файнберг М.А. // Моделирование процессов управления транспортными системами. – Владивосток: ИАПУ ДВНЦ АН СССР, 1977. – С. 137-139.

105. Рубец А.Д. Исследование на ЭВМ движения автобуса по маршруту в условиях применения средств связи и АСДУ / Рубец А.Д. // Системы управления автомобильным транспортом. – М.: НИИАТ. – 1978. – Вып.2.– С. 70-80.

106. Половников В.С. Определение среднего времени ожидания пассажира / Половников В.С., Ольховский С.Ю. // Вопросы проектирования автоматизированных систем управления транспортом. – Омск: Западно-сибирское книжное издательство. Омское отделение. – 1976. – Вып.2.– С. 82-89.

107. Амирова Л.И. Определение эффективности функционирования городского пассажирского транспорта методами имитационного моделирования / Амирова Л.И., Артынов А.П., Васильченко А.П. // Экономико-математические методы планирования и управления в системе городского хозяйства. – Владивосток: ИАПУ ДВНЦ АН СССР, 1977. – С. 37-42.

108. Артынов А. Т. Автоматизация процессов планирования и управления транспортными системами / А. Т. Артынов, В. В. Скалецкий. – М. : Наука, 1981. – 280 с.

109. Артынов А.П. Имитационная модель функционирования городского пассажирского транспорта / Артынов А.П., Скалецкий В.В., Толкач В.В. // Управление и информация. – Владивосток: ИАПУ ДВНЦ АН СССР. – 1974. – Вып.13. – С. 95-101.

110. Лопатин А. П. Задача построения идеального плана удовлетворения потребности городского населения в передвижениях / А. П. Лопатин, В. В. Домбровский, Г. А. Нудельман, В. Г. Черный // Методы оптимального планирования и управления в городском хозяйстве (пассажирский транспорт). – Владивосток : ИАПУ, 1976. – С. 86–96.

111. Федюнин Ю. П. Моделирование процесса движения городского маршрутизированного транспорта с применением аналоговых вычислительных машин / Ю. П. Федюнин, К. А, Груличко // Моделирование процессов управления транспортными системами. – Владивосток : ИАПУ ДВНУ АН СССР, 1977. – С. 142–144.

112. Gurta A. Simulation model for optimal frequency of buses on a route a case study / Gurta A., Vrat P. // Scientific management of transport systems. – 1981. – P. 225-234.

113. Артынов А.П. Имитация процессов функционирования городского пассажирского транспорта на маршрутной сети / Артынов А.П., Васильченко А.И. // Моделирование процессов управления транспортными системами. – Владивосток: ИАПУ ДВНЦ АН СССР, 1977. – С. 83-84.

114. Boyd Colin W. Notes on the theoretical dynamics of intermittent public transportation systems / Boyd Colin W. // Transportation research. – 1983. – A-17, №5. – P. 347-354.

115. Блинкин М.Я. Количественная оценка повышения регулярности движения на городских маршрутах / Блинкин М.Я., Хапов С.Х. // Пассажирские перевозки автомобильным транспортом. Сер.3. – М.: ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР. – 1982. – Вып.7. – С. 13-16.

116. Антошвили М.Е. Оптимизация городских автобусных перевозок / Антошвили М.Е., Либерман С.Ю., Спирин И.В. – М.: Транспорт, 1985. – 102 с.

117. Антошвили М.Е. Исследование некоторых вопросов организации перевозок пассажиров автобусами в городах: дисс... канд. техн. наук / М.Е. Антошвили – М.: МАДИ, 1973. – 159 с.

118. Girard J. Les études sur l'irrégularité des lignes d'autobus / Girard J., Neurgon E., Cornet N., Doras J.-L. // Transport, environnement, circulation. – 1983. – №56. – P. 16-22.

119. Раскин Е.М. К вопросу определения времени ожидания пассажира на маршруте городского пассажирского транспорта / Раскин Е.М., Хейфец П.Б. // Экономико-математические методы планирования и управления в системе городского хозяйства. – Владивосток: ИАПУ ДВНЦ АН СССР, 1977. – С. 98-107.

120. Черных В.Г. Аналитическое моделирование процесса

обслуживания пассажиров на отдельном маршруте городского пассажирского транспорта / Черных В.Г. // Экономико-математические методы планирования и управления в системе городского хозяйства. – Владивосток: ИАПУ ДВНЦ АН СССР, 1977. – С. 108-120.

121. Машина Н.И. Моделирование пассажиропотоков города с использованием объемных стохастических сетей: дисс... канд. техн. наук / Н.И. Машина – Донецк, 1989. – 127 с.

122. Кравченко Е.А. Резервы повышения скоростей движения автобусов на городских и пригородных маршрутах / Кравченко Е.А. // Пути увеличения скоростей движения городского пассажирского транспорта и сокращение затрат времени на передвижение. – М., 1972. – С. 10-13.

123. Либерман С.Ю. Динамическая модель городских корреспонденций / Либерман С.Ю. // Организация автомобильных перевозок и безопасность движения. – М.: МАДИ. – 1977. – Вып.131. – С. 73-77.

124. Воронков С.А. Метод определения эксплуатационных нормативов движения маршрутных автобусов в крупных городах: автореф. дисс... канд. техн. наук / Воронков С.А. – М.: НИИАТ, 1990. – 20 с.

125. Aziz G. Bus travel – time model / Aziz G. // M.A.Sc. thesis. University of Toronto, Canada. – 1977. – P. 54-59.

126. Cundil M. Buss boarding and alighting times / Cundil M., Watts P. // Transport and road research laboratory report. – 1973, lr 521.

127. Hendrickson C.T. Travel time and volume relationships in scheduled, fixed - route public transportation / Hendrickson C.T. // Transportation research. – 1981. – 15A. – P. 173-182.

128. Кочубиевская И.Д. Оценка предельных возможностей маршрута городского пассажирского транспорта / Кочубиевская И.Д., Наумкин Ю.В. // Методы оптимального планирования и управления в городском хозяйстве (пассажирский транспорт). – Владивосток: ИАПУ ДВНЦ АН СССР, 1976. – С. 97-105.

129. Кравченко Е.А. Исследование скоростей движения автобусов на городских и пригородных маршрутах: дисс... канд. техн. наук / Е.А. Кравченко – М., 1974. – 211 с.

130. Эткин Д.М. О влиянии некоторых конструктивных параметров городских автобусов на время их простоя на остановках / Эткин Д.М., Резников А.С. // Сборник трудов НАМИ. – 1978. – Вып.166. – С. 28-32.

131. Осепчугов В.В. Методика выбора конструктивных схем автобусов /Осепчугов В.В., Чанков А.В. // Автомобильная промышленность. – 1973. – №11. – С. 15-21.

132. Калугина Н.Н. Пассажирообмен на городских автобусах / Калугина Н.Н. // Пассажирские перевозки автомобильным транспортом. Сер.3. – М.: ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР. – 1982. – Вып.8. – С. 7-15.

133. Калугина Н.Н. Исследование пассажирообмена на городских автобусах / Калугина Н.Н., Михайлов А.А. // Совершенствование перевозок пассажиров автомобильным транспортом. – М.: НИИАТ, 1981. – С. 100-107.

134. Васильченко А.И. Моделирование посадки и высадки пассажиров на городском транспорте / Васильченко А.И. // Методы оптимального планирования и управления в городском хозяйстве (пассажирский транспорт). – Владивосток: ИАПУ ДВНЦ АН СССР, 1976. – С. 132-142.

135. Грачев В.А. Выбор оптимального числа контрольных пунктов на маршруте / Грачев В.А., Половников В.С., Лопатин А.П., Броницкая С.В. // Применение математических методов в экономических исследованиях и планировании. Труды семинара. – Киев: Институт кибернетики АН СССР. – 1969. – Вып.3. – С. 72-78.

136. Lesley L.J.S. The role of timetable in maintaining bus service reliability / Lesley L.J.S. // Proceedings symposium on operating public transport. University of Newcastle upon Tyne. – 1975. – P. 87-93.

137. Anderson P. A mathematical model of an urban bus route / Anderson P., Scalia-Tomba G. // *Transportation research.* – 1981. – 15B. – P. 249-266.

138. Хизриев А.С. Математическая модель заполняемости маршрутных автобусов / Хизриев А.С., Еремин В.М. // Программное обеспечение автомобильных перевозок и безопасности дорожного движения. – М.: МАДИ, 1989. – С. 48-51.

139. Сидоров Е.А. Экономическая и социальная эффективность использования автобусов большой вместимости при организации транспортного обслуживания населения в городах: автореф. дисс... канд. техн. наук / Сидоров Е.А. – М., 1989. – 17 с.

140. Дубова С.В. Метод расчета маршрутной сети городского пассажирского транспорта с учетом автоматизированного управления: автореф. дисс... канд. техн. наук / Дубова С.В. – Киев, 1989. – 23 с.

141. Маджарски Е.М. Влияние на натовернането на автобусите и разстоянието между спирките въерху съобщителната скорост при градския автобусен транспорт / Маджарски Е.М., Пенков И.К., Цонев В.У. // Известия. – 1983. – 38, №4. – P. 33-37.

142. Nakatsuyama M. Determination of optimal path and allocation of demand buses using fuzzy heuristic approach. JFAC/JFJP/JFORS / Nakatsuyama M. // "Control in transportation system" conference, 4, Proceedings of the Oxford, Baden-Baden. – 1984. – P. 55-60.

143. Ефанова Л.М. К вопросу о рациональном выборе моментов времени начала кругорейсов на маршруте / Ефанова Л.М., Половников В.С., Раскин Е.М. // Вопросы проектирования автоматизированных систем управления транспортом. – Омск: Западно-сибирское книжное изд-во. Омское отделение. – 1976. – Вып.2. – С. 133-124.

144. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки / Воркут А.И. – К.: Вища школа, 1986. – 447 с.

145. Туманов В.В. Обеспечение рациональных режимов труда и отдыха средствами эксплуатационной службы: дисс.... канд. техн. наук: 05.20.01 / В.В. Туманов – Харьков: ХАДИ, 1983. – 206 с.

146. Психофизиология труда и подготовка водителей автомобилей / Дымерский В.Я., Ильясов И.И., Клинковштейн Г.И., Мушегян Р.Т. – М.: Транспорт, 1969. – 96 с.

147. Левитин К.М. Безопасность движения автомобилей в условиях ограниченной видимости / Левитин К.М. – М.: Транспорт, 1986. – 166 с.

148. Афанасьев Л.Л. Автомобиль и водитель – проблема безопасности движения / Афанасьев Л.Л., Зинченко В.П., Ротенберг Р.В. // Автомобильная промышленность. – 1976. – №2. – С. 3-8.

149. Дымерский В.Я. Технические средства обучения водителей автомобилей / Дымерский В.Я., Костин А.А. – М.: Высшая школа, 1982. – 279 с.

150. Иванов В.Н. Кибернетика на автомобильном транспорте / Иванов В.Н., Гаврилов А.А., Охапкин Н.И. – М.: Высшая школа, 1971. – 112 с.

151. Калужский Я.А. Повышение безопасности движения средствами дорожно-эксплуатационной службы / Калужский Я.А., Кисляков В.М., Бегма Н.В. – М.: Транспорт, 1971. – 152 с.

152. Сытник В.Н. Решение некоторых вопросов организации и безопасности движения с учетом особенностей зрительного восприятия водителя: автореф. дисс... канд. техн. наук / Сытник В.Н. – М.: МАДИ, 1971. – 24 с.

153. Баевский Р.М. К вопросу о методике оценки функционального состояния и работоспособности водителей автомобилей [Электронный ресурс] / Баевский Р.М., Кочуева Е.В., Черникова А.Г. – Режим доступа: <http://space.copris.com>.

154. Клебельсберг Д. Транспортная психология: Пер. с нем. / Под ред. В.Б. Мазуркевича. – М.: Транспорт, 1989. – 367 с.

155. Гаврилов Э. В. Системное проектирование автомобильных дорог / Э. В. Гаврилов, А. М. Гридчин, В. Н. Ряпухин. – Москва – Белгород: АСВ, 1998. – 138 с.

156. Гаврилов Э.В. Эргономическое проектирование автомобильных дорог / Гаврилов Э.В. // Материалы международной конференции «Эргономика на автомобильном транспорте». – Харьков, ХГАДТУ, 1997. – С. 42-44.

157. Котик М.А. Психология и безопасность / Котик М.А. – Таллин: Валгус, 1981. – 408 с.

158. Бернштейн Н.А. Современная биомеханика и вопросы охраны труда / Бернштейн Н.А. // Гигиена, безопасность и патология труда. – 1930. – №2. – С. 3-12.

159. Бегма И.В. Учет психофизиологии водителей при проектировании автомобильных дорог / Бегма И.В., Гаврилов Э.В., Калужский Я.А. – М.: Транспорт, 1976. – 88 с.

160. Игнатов Н.А. Приборы и методики психофизиологического обследования водителей автомобилей / Игнатов Н.А., Мишуринов В.М., Мушегян Р.Т., Сергеев В.А. – М.: Транспорт, 1978. – 88 с.

161. Кошелев М.В. Изучение психофизиологических особенностей водителей такси / Кошелев М.В., Абдурахманов А.А. // Труды московского автомобильно-дорожного института. – М.: МАДИ, 1975. – Вып.90. – С. 56-59.

162. Мейстер Д. Роль факторов инженерной психологии в обеспечении надежности / Мейстер Д. // Справочник надежности. – М.: Мир, 1970. – Т.3. – С. 90.

163. Наенко Н.И. Способы оценки показателей напряженности в работе человека-оператора / Наенко Н.И., Овчинникова О.В. // Проблемы инженерной психологии. – М.: Наука, 1967. – С. 58-77.

164. Grodsky M.A. Pilot reliability and skill retention for space flight missions / Grodsky M.A., Lutman C.C. // Air Univ. Rev. – 1965. – Vol.16. – №4. – P. 22-32.

165. Быстров Ю.Г. Измерение удельного сопротивления в точках акупунктуры / Быстров Ю.Г. // Медико-биологические аспекты рефлексотерапии и оценки функционального состояния: Межвуз. сб. научн. трудов. – Калинин, Калининский политехнический институт, 1988. – С. 4-12.

166. Якубовская М.Л. Рефлексодиагностика как метод идентификации личностных особенностей / Якубовская М.Л., Бойцев П.Н., Загрядский В.А. // Медико-биологические аспекты рефлексотерапии и оценки функционального состояния: Межвуз. сб. научн. трудов. – Калинин, Калининский политехнический институт, 1988. – С. 18-22.

167. Коледов Л.В. Исследование применимости средств мультимедиа для контроля функционального состояния оператора ЭВМ / Коледов Л.В., Вершинин О.А., Красильникова О.В., Омельченко А.Н. // Вестник Донского государственного технического университета. – 2001. – Т.1, №1(7). – С. 134-139.

168. Ковалева А.И. Электроотрицательность ядер как критерий оценки функционального состояния организма оператора / Ковалева А.И., Пышнов Г.Ю. // Український медичний часопис. – 2003. – №6 (38). – С. 126-129.

169. Леонова А.Б. Психодиагностика функциональных состояний человека / Леонова А.Б. – Москва: Изд-во Московского гос. ун-та, 1984. – 199 с.

170. Мищерякова Т.Г. Психофизиологическое обеспечение профессиональной деятельности железнодорожников и восстановительная медицина / Мищерякова Т.Г., Звоников В.М. // Вестник восстановительной медицины. – 2002. – №1. – С.43-52.

171. Карпов Д.А. Индивидуальная норма как элемент построения экспертных систем контроля функционального состояния человека-оператора: дисс....канд. биол. наук / Д.А. Карпов – 2000. – 183 с.

172. Серeda Г.К. Инженерная психология / Серeda Г.К., Бочарова С.П., Репкина Г.В. Смирнов Б.А. – К.: Вища школа, 1976. – 308 с.
173. Зинченко В.П. Основы эргономики / Зинченко В.П., Мунипов В.М. – М.: Изд-во моск. ун-та, 1979. – 344 с.
174. Сытник В.Н. Определения критерия надежности водителя / Сытник В.Н., Артемов Ю.Д., Кощей А.И. // Труды московского автомобильно-дорожного института. – М.: МАДИ, 1978. – Вып.154. – С. 85-90.
175. Буцык А.Л. Психологические и психофизиологические предпосылки эффективности учебно-трудовой деятельности водителей автотранспорта: автореф. дисс....канд. психол. наук: 19.00.03 / Буцык А.Л. – Л.: ЛГУ, 1985. – 21 с.
176. Стандарт по организации работы психологов локомотивных депо Куйбышевской железной дороги [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://dpl.hl.ru>.
177. Vliv I. Svet motores, 1959. – Vol.13. – S. 302.
178. Ivanov I.J. Vyezbum podminen ovlimuj ciler bezpecnost automobilove dopravy, 1955, Pruhu, VVBB, s. 135.
179. Ренч М. Принципы использования вариабельности сердечного ритма для комплексной оценки состояния машинистов в процессе их деятельности [Электронный ресурс] / Ренч М., Лиземайер Б., Семенов Ю.Н. и др. – Режим лоступа: <http://space.copris.com>.
180. Любимцев В.С., Сенникова Т.Н. Профессионально обусловленное мониторирование функционального состояния машинистов на Московском метрополитене [Электронный ресурс] / Любимцев В.С., Сенникова Т.Н. – Режим лоступа: <http://www.breath.ru>.
181. Определение функционального состояния: психофизиологических резервов организма, состояния нервной и сердечно-сосудистой систем, уровня стресса и стрессоустойчивости [Электронный ресурс] / Режим лоступа: <http://medelina.d2d.ru>.

182. Карманов А.А. Методика диагностики основных параметров психического состояния тестом Люшера [Электронный ресурс] / Карманов А.А. – Режим лоступа: <http://polpsy.chat.ru>.

183. Душков Б.А. Основы инженерной психологии / Душков Б.А., Королев А.В., Смирнов Б.А. – М.: Академический проект; Екатеринбург: Деловая книга, 2002. – 576 с.

184. Марищук В.Л. Поведение и соморегуляция человека в условиях стресса / Марищук В.Л., Евдокимов В.И. – СПб.: Издательский дом «Сентябрь», 2001. – 260 с.

185. Родичкин П.В. Особенности адаптации двигательной системы спортсменов высокого класса к мышечной деятельности различной направленности / Родичкин П.В., Оковитый С.В., Голубев В.Н., Максимов А.Л. // Колымские вести. – 2003. – №22. – С. 15-18.

186. Воробьев К.П. Клинико-физиологический анализ категорий функционального состояния организма в интенсивной терапии / Воробьев К.П. // Вестник интенсивной терапии. – 2001. – №2. – С. 3-8.

187. Бедненко В.С. Методы оценки и коррекции функционального состояния человека / Бедненко В.С., Гридин Л.А., Кукушкин Ю.А. – М.: Русский врач, 2001. – 112 с.

188. Мороз М.П. Методика экспресс-диагностики функционального состояния и работоспособности человека [Электронный ресурс] / Мороз М.П. – Режим доступа: <http://olderan.by.com>.

189. Зайчик А.Ш. Основы общей патологии / Зайчик А.Ш., Чурилов Л.П. – СПб.: ЭЛБИ, 1999. – 618 с.

190. Министерство Здравоохранения Российской Федерации. Отраслевая программа «Охрана и укрепление здоровья здоровых на 2003-2010 гг». [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.medcare.ru>.

191. Емелин Г.П. Гигиена труда и окружающей среды на автобазах угольных разрезов Кузбасса: Автореф. дисс...канд. мед. наук / Емелин Г.П. – Кемерево, 2002. – 22с.

192. Небылицин В.Д. Надежность работы оператора в сложной системе управления / Небылицин В.Д. // Инженерная психология. – М.: МТУ, 1964. – С. 358-367.
193. Вайсман А.И. Вопросы гигиены труда на автомобильном транспорте / Вайсман А.И. // Гигиена и санитария. – 1980. – №9. – С. 6-8.
194. Вайсман А.И. Основные проблемы гигиены труда водительского состава автотранспорта: Автореф. дисс... д-ра мед. наук: 03.12.02 / Вайсман А.И. – М., 1975. – 37 с.
195. Руководство по физиологии труда / Под ред. проф. М.И. Виноградова. – М.: Медицина, 1969. – 408 с.
196. Осадчиева Н.Н. К вопросу количественной оценки и прогнозирования работоспособности человека-оператора в условиях воздействия неблагоприятных факторов профессиональной деятельности [Электронный ресурс] / Осадчиева Н.Н. – Режим доступа: <http://spek.keytown.com>.
197. Виноградов М.И. Физиология трудовых процессов / Виноградов М.И. – М.: Медицина, 1966. – 367 с.
198. Ломов Б.Ф. Человек в системах управления / . Ломов Б.Ф. – М.: Знание, 1967. – 48 с.
199. Точилов К.С. Работоспособность как фазный процесс / Точилов К.С. // Вестник Ленинградского государственного университета. – 1963. – Вып.4. – №21. – С. 86-94.
200. Мишуринов В.М. Психофизиологические основы труда водителей автомобилей / Мишуринов В.М., Романов А.Н., Игнатов Н.А. – М.: МАДИ, 1982. – 254 с.
201. Розенблат В.В. Проблемы утомления / Розенблат В.В. – М.: Медицина, 1975. – 240 с.
202. Баевский Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Баевский Р.М., Кириллов О.Н., Клецкин С.З. – М.: Наука, 1984. – 222 с.

203. Доля В.К. Методы организации перевозок пассажиров в городах / Доля В.К. – Харьков: Изд-во «Основа» при Харьк. ун-те, 1992. – 144 с.
204. Баевский Р.М. Ритм сердца у спортсменов / Баевский Р.М. – М.: Физкультура и спорт, 1996. – 143 с.
205. Баевский Р.М. Прогнозирование состояния на грани нормы и патологии/ Баевский Р.М. – М.: Медицина, 1979. – 292 с.
206. Diebschlag W. Stress and modernen Arbeitsplatz / Diebschlag W. // Arbeitsmedizin-Sozialmedizin-Praventivmedizin. – 1974. – №9, 10. – S. 217-222.
207. Тютюников В.Б. Зоны риска [Елесктронный ресурс] / Тютюников В.Б. – Режим доступа: <http://atc.rndavia.ru>.
208. Федотов А.В. Рациональная организация грузовых автомобильных перевозок с учетом сложности труда водителя и их квалификации: Автореф. дисс... канд. техн. наук: 05.22.10 / Федотов А.В. – М.: МАДИ, 1992. – 16 с.
209. Абдурахманов Т.М. Психофизиологические параметры водителей автотранспорта до и после работы / Абдурахманов Т.М. // Медико-биологические проблемы трудовой деятельности водителей автомобилей. – М.: МАДИ, 1979. – С. 102-103.
210. Дегтерев Г.Н. Организация и механизация погрузочно-разгрузочных работ на автомобильном транспорте: Учебное пособие / Дегтерев Г.Н. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1980. – 264 с.
211. Генкин А.А. Прогнозирование психофизиологических состояний / Генкин А.А., Медведев А.И. – Л.: Наука, 1973. – 143 с.
212. Загрядский В.П. О некоторых принципах эффективности профессиональной деятельности человека/ Загрядский В.П. // Материалы всесоюз. науч. конф. «Гигиена труда и научно-технический прогресс». – Л., 1970. – С. 42-44.

213. Сатановский С.Я. Методика экспериментального исследования надежности водителя как звена комплекса «автомобиль – водитель – дорога»: Дисс... канд. техн. наук: 05.18.01 / С.Я. Сатановский – М., 1971. – 150 с.

214. Ohkubo T. Psycho-physiological reactions of vehicle drivers under long distance driving / Ohkubo T. // Juternational Ergonomic Association Congress. Proceedings 6-th, 1976. – P. 301-303.

215. Торигоэ Х. Изучение утомления, обусловленное ездой. Связь между утомлением и функцией сердца (частота пульса) при вождении автомобиля в течение длительного времени / Торигоэ Х. – Курумэ игакай дзасси, 1966. – Т.29, №11. – С. 919-939.

216. Солтус А.П. Исследования влияния некоторых конструктивных параметров автомобиля на момент сопротивления повороту управляемых колес: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.19.01 / Солтус А.П. – К., 1978. – 20 с.

217. Фрумкин Л.А. Исследование способов оценки управляемости автомобиля по характеристикам требований к водителю: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.23.01 / Фрумкин Л.А. – М., 1972. – 33 с.

218. Майборода О.В. К вопросу нормирования усилий на рулевом колесе автомобилей с точки зрения эргономики / Майборода О.В. // Автомобильная промышленность. – 1978. – №9. – С. 23-25.

219. Бегма И.В. Оценка напряженности работы водителя в реальных дорожных условиях / Бегма И.В. // Труды МАДИ. – М., 1976. – Вып.128. – С. 29-34.

220. Варламов В.А. О скорости переработки информации и времени реакции водителя / Варламов В.А. // Влияние дорожных условий на безопасность движения. – М., 1975. – С. 128-132.

221. Balogh G. Ftavolsagi jaratokon dolggorj - gepjarmuveretok elfarada sanak vizi galata / Balogh G., Pal E. // Korleekedes - tudommannyi szzemle. – 1978. – 28, № 5. – Old. 231-233.

222. Милерин Е.А. Эмоционально-волевые компоненты надежности оператора / Милерин Е.А. // Очерки психологии труда оператора. – М.: Наука, 1974. – С. 5-82.

223. Бобнева М.И. К проблеме надежности человека (о закономерных и случайных отказах в работе человека) / Бобнева М.И. // Пробл. инж. психологии. – 1965. – Вып.2. – С. 7-13.

224. Поліщук В. П. Інформаційне забезпечення учасників дорожнього руху : навч. посібник / В. П. Поліщук, Н. Т. Кунда. – К.: ІЗМН, 1998. – 132 с.

225. Нерсисян Л.С. Инженерная психология и проблема надежности машиниста / Нерсисян Л.С., Конопкин О.А. – М.: Транспорт, 1978. – 239 с.

226. Милерян Е.А. Очерки психологии труда оператора / Милерян Е.А. – М.: Наука, 1974. – 307 с.

227. Завалова Н.Д. Ошибки оператора как следствие слабого учета человеческого фактора при конструировании систем управления / Завалова Н.Д., Пономаренко В.А. // Проблемы инженерной психологии. – М.: АПН РСФСР, 1968. – Вып.1. – С. 172-182.

228. Иванов Е.А. Вариант оценки работоспособности оператора / Иванов Е.А., Хачатурьянц Л.С. // Вопросы эргономики в авиационной медицине. – М.: ВВС, 1970. – С. 75-83.

229. Романов А.Н. Оценка надежности водителей по психофизиологическим показателям / Романов А.Н., Березин А.С., Рыленышев Л.К. // Программное обеспечение автомобильных перевозок и безопасность дорожного движения: Сб. научн. Трудов МАДИ. – М.: МАДИ, 1987. – С. 81-83.

230. Фунтиков А.Ю. Подбор пары «водитель-маршрут» / Фунтиков А.Ю. // Программное обеспечение автомобильных перевозок и безопасность дорожного движения: Сб. научн. трудов МАДИ. – М.: МАДИ, 1987. – С. 93-95.

231. Збірник законодавчих та нормативних документів, що регламентують діяльність підприємств автомобільного транспорту всіх форм власності. – К.: ТОВ Видавництво “Київська книжкова фабрика”, 2003. – Вип.3. – 608 с.

232. Newbold E.M. Practical applications of the statistics of repeated events, particularly to industrial accidents / Newbold E.M. // Journal of the Royal Statistical Society. – 1927. – №90. – P. 487; zit. n. Mittenecker (1962).

233. Типове положення про Систему управління безпекою руху на автомобільному транспорті // Перевізник. – Червень, 2004. – №7. – С 18-20.

234. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения: Справочник. Пер. с англ. / В.У. Рэнкин, П.Клафи, С.Халберт и др. – М.: Транспорт, 1981. – 592 с.

235. Елисеева С.А. Учет психофизиологических особенностей водителей индивидуального транспорта в методике их обучения / Елисеева С.А., Снобков Ю.И., Хазанова М.А. // Труды московского автомобильно-дорожного института. – М.: МАДИ, 1978. – Вып.154. – С. 115-120.

236. Горбов Ф.Д. О помехоустойчивости оператора / Горбов Ф.Д. // Инженерная психология. – М.: МГУ, 1964. – С. 340-357.

237. Гройсман А.Л. Психопрофилактические аспекты оптимизации работоспособности локомотивных бригад / Гройсман А.Л., Мазо Г.Е. // Психол. журн. – 1988. – Т. 9, №3. – С. 110-120.

238. Шендерова И.С. Локальный теплосъем как способ поддержания уровня бодрствования человека-оператора при монотонной деятельности / Шендерова И.С. // Физиология человека. – 1988. – Т.14, №3. – С. 428-433.

239. Long B.C. Coping strategies for working women: Aerobic exercise and relaxation interventions / Long B.C., Nancy C.J. // Behav. Therapy. – 1988. – Vol.19, №1. – P.75-83.

240. Дикая Л.Г. Психология саморегуляции функционального состояния субъекта в экстремальных условиях деятельности [Электронный ресурс] / Дикая Л.Г. – Режим доступа: <http://geocities.com>.

241. Ломов Б.Ф. Теория и эксперимент в анализе труда оператора / Ломов Б.Ф. – М.: Наука, 1983. – 332 с.
242. Ломов Б.В. Человек и техника / Ломов Б.В. – М.: Сов. Радио, 1966. – 463 с.
243. Зинченко В.П. Анализ деятельности человека оператора / Зинченко В.П., Майзель В.П. // Инженерная психология. – М.: Прогресс, 1964. – С. 203-221.
244. Психология. М.: Госучпедгиз, 1948. – 455 с.
245. Психология и психофизиология индивидуальных различий. – М.: Педагогика, 1977. – 183 с.
246. Гардеева А.К. Психофизиологические особенности водителей автотранспорта, различающихся по показателям безопасности дорожного движения: Автореф. дисс.... канд. техн. наук / Гардеева А.К. – М.: НИИОПП АПН СССР, 1979. – 11 с.
247. Кандор И.С. О принципах и критериях физиологической классификации видов труда по степени их тяжести и напряженности / Кандор И.С., Демина Д.М. // Физиология человека. – 1978. – Т.4, №1. – С. 136-147.
248. Сатыбалдина А.Е. Исследование и разработка методического подхода к оценке и прогнозированию функционального состояния человека-оператора сложных систем управления (на примере студентов-программистов КарГУ): Автореф. дисс... канд. биол. наук / Сатыбалдина А.Е. – 2003. – 18 с.
249. Матвиенко Н.Т. Физиолого-гигиеническая характеристика труда водителей автобусов: Автореф. дис... канд. мед. наук: 03.12.02 / Матвиенко Н.Т. – Донецк, ДТМИ, 1975. – 33 с.
250. Бегма И.В. Оценка напряженности водителя на маршруте с целью повышения его работоспособности и безопасности движения автомобильного транспорта / Бегма И.В. // Медико-биологические проблемы трудовой деятельности водителей автомобилей. – М.: МАДИ, 1979. – С. 105-107.

251. Лукьянов А.Н. Сигналы состояния человека-оператора. / Лукьянов А.Н., Фролов М.В. – М.: Наука, 1969. – 247 с.
252. Лазарус Р. Теория стресса и психофизиологические исследования / Лазарус Р. // Тр. Междунар. симпоз., организ. швед. центром исслед. в обл. воен. медицины (Швеция, Стокгольм, 5-6 февр. 1965). – Л.: Медицина, 1970. – С. 178-208.
253. Уолтер Г. Живой мозг / Уолтер Г. – М.: Мир, 1966. – 300 с.
254. Кочуев В.Н. Возможности аппаратно-программных средств для оценки функционального состояния водителей автомобилей [Электронный ресурс] / Кочуев В.Н., Кочуев Н.В. – Режим доступа: <http://space.copris.com>.
255. Гончаренко Ф.П. Психофизиологические показатели водителей и обеспечение безопасности движения на автомобильных дорогах / Гончаренко Ф.П., Дзюба П.П. // Медико-биологические проблемы трудовой деятельности водителей автомобилей. – М.: МАДИ, 1979. – С. 123-124.
256. Физиологическое нормирование в трудовой деятельности. – Л.: Наука, 1988. – 228 с.
257. Андреев И.А., Проценко И.Д. Функциональные состояния и эффективность профессиональной деятельности [Электронный ресурс] / Андреев И.А., Проценко И.Д. – Режим доступа: <http://www.referats.spb.ru>.
258. Бабков В.Ф. Неотложные задачи научных исследований в области безопасности и организации движения / Бабков В.Ф. // Труды МАДИ. – М., 1975. – Вып.95.– С. 3-14.
259. Зинченко В.П. Психометрика утомления / Зинченко В.П., Леонова А.Б., Стрельков Ю.К. – М.: Изд-во моск. ун-та, 1977. – 109 с.
260. Johannsen G. Nebenaufgaben als Beanspruchungsmeßverfahren in Fahrzeugföhrungsaufgaben / Johannsen G. // Zeitschrift für Arbeitswissenschaft. – 1976. – №30. – S. 45-50.

261. Эргономика / Под ред. Крылова А.А., Суходольского Г.В. – Л.: Изд-во Ленинг. ун-та, 1988. – 184 с.

262. Гюлев Н.У. Выбор рационального количества автобусов на маршрутах города с учетом влияния человеческого фактора: Дис.... канд. техн. наук: 05.21.01 / Н.У. Гюлев – Харьков: ХАДИ, 1993. – 174 с.

263. Компьютерный комплекс «ЭЭГ-РЕЗОНАНС» для диагностики и коррекции функциональных расстройств центральной нервной системы на основе резонансных ЭЭГ осцилляторов индивида [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.ptechology.ru>.

264. Тарханов И.Р. О гальванических явлениях в коже человека при раздражениях органов чувств и различных формах психической деятельности. Избранные сочинения, 1961. – Т. «Саготи Сакартивело». – С. 41-50.

265. Вайсман А.И. Об особенностях методики изучения критической частоты мельканий (КЧСМ) / Вайсман А.И., Жуковский В.И., Мальцев О.А. // Медико-биологические проблемы на автотранспорте. – М.: НИИ гигиены им. Ф.Ф. Эрсмана, 1982. – С. 97-102.

266. Программа определения и контроля функционального состояния организма человека [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.shop.csti.ru>.

267. Камышов И.А. Методика кинорегистрации движения глаз и определение направления взора оператора / Камышов И.А. // Вопросы психологии. – 1968. – № 4. – С. 340-357.

268. Коно Т. Стратегия и структура японских предприятий / Коно Т. – М.: Прогресс, 1987. – 384 с.

269. Холманский А.С. Способ определения функционального состояния человека [Электронный ресурс] / Холманский А.С. – Режим доступа: <http://www.sciteclibrary.ru>.

270. Аппаратно-программный комплекс – «PSI-Vector-DiaCor», предназначенный для контроля функционального состояния организма человека [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://alekanto.com.ua>.

271. Корнюхин А.И. Эффективные методы защиты от техногенного электромагнитного излучения и информационно волновые методы диагностики / Корнюхин А.И., Капцов В.А., Добросердов А.Ю., Сеит-Умеров И.М. // Медицина труда и промышленная экология. – 2002. – №9. – С. 22-25.

272. Автоматизированная диагностическая система АМСАТ-КОВЕРТ [Электронный ресурс] / Режим доступа: / <http://medcen.chat.ru>.

273. Научный лечебно-диагностический центр «Дельф» [Электронный ресурс] / Режим доступа: /<http://www.sova.ru>.

274. Кризис науки и мифы нового века [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://proicontra.narod.ru/>.

275. Программно-аппаратный комплекс АМСАТ [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.health-service.ru>.

276. Горбаль В.В. Компьютерное электропунктурное сканирование как метод экспресс диагностики, мониторинга и коррекции функционального состояния человека [Электронный ресурс] / Горбаль В.В., Дымников А.А., Умеренков У.А., Федорова О.В. – Режим доступа: <http://www.antamed.ru>.

277. Шахбазов В.Г. Новый цитобиофизический показатель биологического возраста и физиологического состояния человека / Шахбазов В.Г., Григорьева Н.Н., Колупаева Т.В. // Физиология человека. – 1996. – №6 (22). – С. 71-75.

278. Коршняк В.А. Цитобиофизический показатель биологического возраста и функционального состояния организма больных с синдромом вегетативной дистонии до и после микроволновой резонансной терапии / Коршняк В.А. // Український медичний часопис. – 2001. – №3 (23). – С. 56-58.

279. Гаврилушкин А.П. Способ контроля функционального состояния биологического объекта [Электронный ресурс] / Гаврилушкин А.П., Вадилов С.А., Маслюк А.П. – Режим доступа: <http://www.patronica.ru>.

280. Устройство психофизиологического тестирования «Психофизиолог-Н» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://medlab.nnz.ru>.

281. Козырев О.А. Метод «системных функциональных профилей» как способ количественной оценки функционального состояния организма [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://globus.smolensk.ru>.

282. Рагозин А.Н. Компьютерная программа для оценки функционального состояния учащихся средних школ [Электронный ресурс] / Рагозин А.Н., Кононов Д.Ю., Усынин А.М., Михайлов М.В. – Режим доступа: <http://cdo.susu.ac.ru>.

283. Марьин М.И. Медико-психологические проблемы профессиональной деятельности пожарных / Марьин М.И., Мешалкин Е.А. // Юбилейный сборник трудов Всероссийского научно-исследовательского института противопожарной обороны. – М.: ВНИИПО МВД России, 1997. – С. 522-539.

284. Доля В.К. Влияние параметров поездки пассажиров на конкурентоспособность городского пассажирского транспорта / Доля В.К. // Исследование проблем транспортных систем. – Харьков, ХГАДТУ, 1996. – С. 7-9.

285. Универсальный Психодиагностический Комплекс УПДК-МК. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.neurocom.ru>.

286. Болсунова М.Я. Суточные и сезонные изменения регуляции сердечного ритма у механизаторов сельского хозяйства / Болсунова М.Я. // Физиология человека. – 1978. – Т.4, № 2. – С. 323-327.

287. Молдовская С.И. Физиологическое обоснование рационального режима работы водителей такси / Молдовская С.И., Загородная В.Ф. // Физиология человека. – 1976. – Т.4, №2. – С. 318-322.

288. Никулина Г.А. Исследование статистических характеристик сердечного ритма как метод оценки функционального состояния организма при экстремальных воздействиях: Автореф. дисс... канд. мед. наук: 03.19.02/ Никулина Г.А. – М.: 1974. – 23 с.

289. Воскресенский А.Д. Статистический анализ сердечного ритма и показателей гемодинамики в физиологических исследованиях / Воскресенский А.Д., Вентуель М.Д. – М.: Наука, 1971. – 114 с.

290. Пирин В.В. Космическая кардиология / Пирин В.В., Баевский Р.М., Волков Ю.Н., Газенко О.Г. – Л.: Медицина, 1967. – 206 с.

291. Мобильный комплекс для функциональной экспресс-диагностики и реабилитации пациента [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.trinitas.ru>.

292. Вайсман А.И. Физиология труда / Вайсман А.И., Лашенко Н.С., Вольпер Г.И. // Тез. докл. VI Всес. наун. конф. по физиологии труда. – М.: Медицина, 1973. – С. 63.

293. Вайсман А.И. Особенности изменения регуляции сердечной деятельности при повторяющихся эмоциональных нагрузках в динамике рабочей смены / Вайсман А.И., Шендерова И.С., Ермакова Г.А. // Медико-биологические проблемы трудовой деятельности водителей автомобилей. – М.: Медицина, 1979. – С. 110.

294. Бутуханов В.В. Функциональная диагностика XXI века [Электронный ресурс] / Бутуханов В.В. – Режим доступа: <http://medtreatment.narod.ru>.

295. Маликов Н.В. Сравнительный анализ функционального состояния сердечно-сосудистой системы рабочих мужчин Украины и западной Сибири [Электронный ресурс] / Маликов Н.В. – Режим доступа: / <http://www.zsu.zp.ua>.

296. Шалдин В.И. Уровень функционального состояния сердечно-сосудистой системы рабочих металлургических предприятий и необходимость в занятиях физическими упражнениями / Шалдин В.И., Камалетдинов В.Г., Аксенова Н.В. // Теория и практика физической культуры. – 2001. – №11. – С. 61-63.
297. Омега-М [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.dun.ru>.
298. Бортовой аппаратный комплекс «Нейрон-Б» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://space.copris.com>.
299. Семенов Ю.Н. Аппаратно-программный комплекс «Варикард» для оценки функционального состояния организма по результатам математического анализа ритма сердца. Вариабельность сердечного ритма / Семенов Ю.Н., Баевский Р.М. –Ижевск, 1996. – 162 с.
300. Рябова Т.Я. Программно-аппаратный комплекс «Пульсарт» для скрининговой диагностики состояния здоровья с использованием интерактивной компьютерной телефонии / Рябова Т.Я., Шлапак В.Н., Кочеев В.Н. // 2-ая международная конференция «Радиоэлектроника в медицинской диагностике. – Москва, 1997. 23-26 сентября. – С. 131-135.
301. Баевский Р.М. Медицинские проблемы автоматизации контроля за состоянием здоровья космонавтов // Космическая биология и авиационная медицина / Баевский Р.М. – 1991. – №2. – С. 21-27.
302. Комплекс для анализа вариабельности сердечного ритма «Варикард» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://space.copris.com>.
303. Вайсман А.И. Автodorожная медицина – итоги и перспективы / Вайсман А.И. // Медико-биологические проблемы трудовой деятельности водителей автомобилей. – М.: Медицина, 1979. – С. 6-8.
304. Ноженков Д.И. Анализ достоверности оценки функционального состояния организма по кардиоритму [Электронный ресурс] / Ноженков Д.И., Алдонин Г.М. – Режим доступа: / <http://ire.krgtu.ru>.

305. Шендерова И.С. Структура сердечного ритма при дозированных умственных нагрузках в условиях лабораторного эксперимента / Шендерова И.С. // Медико-биологические проблемы трудовой деятельности водителей автомобилей. – М.: Медицина, 1979. – С. 148-149.

306. Вольпер Г.И. Оценка роли эмоциональной устойчивости водителя в обеспечении его надежности как звена в системе «водитель – автомобиль – среда движения» / Вольпер Г.И. // Медико-биологические проблемы на автотранспорте. – М.: НИИ гигиены им. Ф.Ф. Эрсмана, 1982. – С. 23-37.

307. Гаврилов Э.В. Персональная ЭВМ в проектировании автомобильных дорог / Гаврилов Э.В., Алексеев О.П., Туманов В.В. – К.: УМК ВО, 1988. – 200 с.

308. Френкель А.А. Многофакторные корреляционные модели производительности труда / Френкель А.А. – М.: Экономика, 1966. – 96 с.

309. Бортницкий П.И. Тягово-скоростные качества автомобилей / Бортницкий П.И., Задорожный В.И. – Киев: Вища школа, 1978. – 176 с.

310. Фолькевич Б.С. Теория автомобиля / Фолькевич Б.С. – М.: Высшая школа, 1963. – 239 с.

311. Гримкевич А.И. Автомобили: Теория / Гримкевич А.И. – Минск: Вища школа, 1986. – 208 с.

312. Говорущенко Н.Я. Основы теории эксплуатации автомобилей / Говорущенко Н.Я. – Киев: Вища школа, 1977. – 232 с.

313. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения / Бабков В. Ф. – М.: Транспорт, 1982. – 256 с.

314. Безрук М.Н. Влияние технического состояния автомобилей на безопасность движения / М. Н. Безрук, П. У. Жариков, А. А. Васильчук // Автомобильный транспорт. – К., 1990. – № 27. – С. 18–20.

315. Безопасность движения автомобильного транспорта / Алексеев Б.А., Колпаков М.И., Паршев А.С., Романов В.М. – М.: ДОСААФ, 1972. – 142 с.

316. Подорожанский М. Секреты Mondeo / М. Подорожанский // Авторевю. – 2000. – №18 (227). – С. 18-20.
317. Диваков А. Свой среди своих, свой среди чужих / Диваков А., Кадаков М. // Авторевю. – 2002. – №24. – С. 18-25.
318. Диваков А. Разумная недостаточность / Диваков А., Кадаков М. // Авторевю. – 2004. – №17. – С. 40-51.
319. Растегаев О. Немцы в гольфах / Растегаев О., Кадаков М. // Авторевю. – 2004. – №21. – С. 24-35.
320. Галушко В.Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте / Галушко В.Г. – Киев: Вища школа, 1976. – 232 с.
321. Психология: Учебное пособие. – М.: Просвещение, 1966. – 451 с.
322. Атлас для экспериментального исследования отклонения в психологической деятельности человека. – К.: Здоровье, 1980. – 91 с.
323. Хомяк Я. В. Организация дорожного движения / Хомяк Я. В. – К. : Вища школа, 1986. – 271 с.
324. Коноплянко В. И. Организация и безопасность дорожного движения / Коноплянко В. И. – М. : Транспорт, 1991. – 183 с.
325. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений / Митропольский А.К. / Митропольский А.К. – М.: Наука, 1971. – 576 с.
326. Гутер Р. С. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта / Р. С. Гутер, Б. В. Овчинский. – М. : Наука, 1970. – 432 с.
327. Дрейнер Н. Прикладной регрессионный анализ / Дрейнер Н., Смит Г. – М.: Статистика, 1973. – 392 с.
328. Завадский Ю. В. Планирование эксперимента в задачах автомобильного транспорта / Ю. В. Завадский. – М. : Транспорт, 1978. – 158 с.
329. Хартман К. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов / Хартман К. – М.: Мир, 1977. – 552 с.

330. Афифи А. Статистический анализ: подход с использованием ЭВМ / Афифи А., Эйзен С. – М.: Мир, 1982. – 488 с.

331. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / Вознесенский В.А. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 264 с.

332. Налимов В. В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов / В. В. Налимов, Н. А. Чернова. – М. : Наука, 1985. – 340 с.

333. Завадский Ю. В. Решение задач автомобильного транспорта и дорожно–строительных машин с помощью регрессионного анализа / Ю. В. Завадский. – М.: МАДИ, 1981. – 11 с.

334. Зайченко Ю. П. Исследование операций / Ю. П. Зайченко, С. А. Шумилова. – К.: Вища школа, 1984. – 267 с.

335. Поляков А. А. Организация движения на улицах и дорогах / Поляков А. А. – М.: Транспорт, 1965. – 375 с.

336. Клиновштейн Г.И. Организация дорожного движения / Клиновштейн Г.И., Афанасьев М.Б. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 2001. – 247 с.

337. Заблоцкий Г.А. Методы расчета потоков пассажиров и транспорта в городах / Заблоцкий Г.А. – М.: ЦНТИ по гражд. стр-ву и архитектуре, 1968. – 92 с.

338. Шелков Ю.Д. Методический подход к оценке работоспособности городской улично-дорожной сети / Шелков Ю.Д., Шештокас В.В. // Инженерные методы организации дорожного движения: Сб. научн. тр. – М.: ВНИИБД МВД СССР. – 1979. – Вып.1. – С. 20-26.

339. Системологія на транспорті. Організація дорожнього руху / Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін. ; під ред. М. Ф. Дмитриченка. – К. : Знання України, 2007. – 452 с. – (5 кн. / Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.; кн. 4).

340. Брайловский Н. О. Управление движением транспортных средств / Н. О. Брайловский, Б. И. Грановский. – М. : Транспорт, 1975. – 112 с.
341. Печерский М. П. Автоматизированные системы управления дорожным движением в городах / М. П. Печерский, Б. Г. Хорович. – М.: Транспорт, 1979. – 176 с.
342. Васильева Е.М. Нелинейные транспортные задачи на сетях / Васильева Е.М., Левит Б.Ю., Лившиц В.Н – М.: Финансы и статистика, 1981. – 104 с.
343. Полищук В. П. Проектирование автоматизированных систем управления движением на автомобильных дорогах / Полищук В. П. – К. : КАДИ, 1983. – 95 с.
344. Афанасьев М.Б. Водителю о дорожном движении / Афанасьев М.Б. М.: ДОСААФ СССР, 1977. – 160 с.
345. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Дрю Д.; пер. с англ. – М. : Транспорт, 1972. – 423 с.
346. Вол М. Анализ транспортных систем / Вол М., Мартин Б. – М.: Транспорт, 1981. – 514 с.
347. Романов А. Г. Дорожные условия в городах: закономерности и тенденции / Романов А. Г. – М. : Транспорт, 1984. – 80 с.
348. Брайловский Н. О. Моделирование транспортных систем / Н. О. Брайловский, Б. И. Грановский. –М. : Транспорт, 1978. – 125 с.
349. Бабков В.Ф. Дорожные условия и организация движения / Бабков В.Ф. – М.: Транспорт, 1974. – 238 с.
350. Дорожные условия и режимы движения автомобилей / В. Ф. Бабков, М. Б. Афанасьев, А. П. Васильев и др. – М. : Транспорт, 1967. – 227 с.
351. Макаров И.П. Автоматизация управления городским транспортом / Макаров И.П., Ямпольский В.З – М.: Транспорт, 1981. – 152 с.

352. Сильянов В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения / Сильянов В. В. – М. : Транспорт, 1973. – 303 с.

353. Meyburg A.H. Aggregate and dis aggregate travel demand models. Transportation Engineering Journal ASCE / Meyburg A.H., Stopher P.R – Proceeding American Society civil Engineers. 1975, 1001, N2, p.p. 237-245.

354. Коноплянко В.И. Информация о дорожном движении Коноплянко В.И. – М.: МАДИ, 1987. – 65 с.

355. Рушевский П.В. Организация и регулирование уличного движения с применением автоматических средств управления: Учебное пособие / Рушевский П.В. – М.: Высшая школа, 1974. – 239 с.

356. Автотранспортные потоки и окружающая среда / Луканин В. Н. и др. – Учеб. пособие для вузов. – М. : ИНФРА-М, 2001. – 646 с.

357. Цибулка Я. Качество пассажирских перевозок в городах: Пер. с чеш. – М.: Транспорт, 1987. – 239 с.

358. Taylor D.H. Drivers galvanic skin response and the risk of accident / Taylor D.H. // Ergonomics. – 1964. №7, p.p. 439-451.

359. Рикберг Г.Б. Методические рекомендации по расчету потоков индивидуального автотранспорта в городах / Рикберг Г.Б., Криволапова И.М., Заева О.В. – К.: КНИИП градостроительства, 1979. – 42 с.

360. Иванов В. Н. Системный подход к оценке обеспечения безопасности движения на автомобильных дорогах / В. Н. Иванов. – М. : 1972. – № 33. – С. 4–10.

361. Романенко И.А. Техничко-экономические основы проектирования сетей автомобильных дорог / Романенко И.А. – М.: Высшая школа, 1967. – 293 с.

362. Кочерга В. И. Основы функционирования интеллектуальных транспортных систем в организации движения и перевозок : автореф. дис. на соиск. уч. степени доктора техн. наук : спец. 05.22.01 / В. И. Кочерга. – М. : МАДИ (ТУ), 2001. – 36 с.

363. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков / Хейт Ф. – М. : Мир, 1966. – 286 с.

364. Кривошеев Д.П. Распределение пассажиропотоков по сети города / Кривошеев Д.П., Стрельников А.Н., Шнуров М.Е. // В помощь проектировщику-градостроителю. – К., 1969. – Вып.3. – С. 72-91.

365. Гаврилов Э.В. Эргономическое обеспечение организации дорожного движения / Гаврилов Э.В., Линник И.Э., Сирота В.М. // Коммунальное хозяйство городов. – К.: Техника. – Вып.58. – 2004. – С. 163-369.

366. Христюк Н.М. Междугородные перевозки грузов автомобильным транспортом / Христюк Н.М., Петровская Е.П., Сторожук Н.К. – К.: Техника, 1977. – 104 с.

367. Данилов В.И. Исследование и оптимизация скоростных режимов движения автомобилей в заданных дорожных условиях: Автореф. дисс.... канд. техн. наук: 05.05.03 / Данилов В.И. – Харьков, 1977. – 21 с.

368. Сильянов В. В. Пропускная способность автомобильных дорог / В. В. Сильянов, Е. М. Лобанов, М. Н. Сапегин, Ю. М. Ситников и др. – М. : Транспорт, 1970. – 152 с.

369. Чхотуа О. Н. Моделирование скоростей движения автомобилей в смешанном транспортном потоке / О. Н. Чхотуа //сб. науч. тр. / МАДИ. Организация автомобильных перевозок. – М., 1978. – № 154. – С. 81 – 84.

370. Четверухін Б. М., Душник В. Ф. Визначення режимів роботи координованого управління світлофорними об'єктами на підходах до зон заспокоєного руху / Б. М. Четвертухин, В. Ф. Душкин // Вестник Харьковского государственного автомобильно–дорожного технического университета. – 2003. – № 18. – С. 53–57.

371. Самойлов Д. С. Организация и безопасность городского движения : учеб. для вузов / Д. С. Самойлов, В. А. Юдин, П. В. Руушевский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1981. – 256 с.

372. Страментов Е. А. Городское движение: вопросы скорости и безопасности / Е. А. Страментов, М. С. Фишельсон. – М. : Госстройиздат, 1963. – 294 с.

373. Асфур Сулейман Талаль. Безопасность и режим движения автомобилей в городах Сирии: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.01 / Асфур Сулейман Талаль – М.: МАДИ (ТУ), 2002. – 24 с.

374. Єресов В. І. Конфліктні ситуації та безпека руху пішоходів / В. І. Єресов, Я. В. Рябець // Безпека дорожнього руху України. Наук.–техн. вісник. –К., 2001. – № 2. – С. 24–30.

375. Клинковштейн Г. И. Организация дорожного движения / Г. И. Клинковштейн, М. Б. Афанасьев. – М. : Транспорт, 1992. – 207 с.

376. Лахно Р.П. Автомобильные транспортные средства для международных перевозок грузов. Обзор Московского НИИ информ. автомоб. Промышленности / Лахно Р.П. – М., 1969. – 86 с.

377. Болоненков Г.В. Организация скоростных автобусных сообщений в городах / Болоненков Г.В. – М.: Транспорт, 1977. – 160 с.

378. Лазебников М.Г. Влияние опасных гидрометеорологических явлений на условия движения по дороге / Лазебников М.Г., Иванов А.Л. // Автомоб. дороги. – 1991. – №5. – С. 5-6.

379. Гаврилов Э. В. Оценка безопасности движения в городских условиях / Э. В. Гаврилов, И. Э. Линник, А. В. Банатов // Вестник Харьковского государственного автомобильно–дорожного технического университета. – 2002. – № 17. – С. 57–62.

380. Применение теории массового обслуживания в проектировании дорог / Калужский Я.А., Бегма И.В., Кисляков В.М., Филиппов В.В. – М.: Транспорт, 1969. – 136 с.

381. Павлович А. А. Модель очереди в дорожном движении / Программное обеспечение автомобильных перевозок и безопасности дорожного движения : сб. науч. тр. / А. А. Павлович. – М., 1989. – С. 66 – 69.

382. Зырянов В. В. Методы моделирования скачкообразного изменения характеристик транспортных потоков : автореф. дис. на соиск. уч. степени доктора. техн. наук : спец. (05.22.10) / В. В. Зырянов. – М. : Моск. автомобил.– дор. ин–т, 1992. – 32 с.

383. Нефедов Н.А. Моделирование действия транспортных факторов на результаты оперативно-тактической деятельности пожарной охраны крупнейших городов / Нефедов Н.А., Белан С.В. // Проблемы развития автомобильного транспорта и подготовки кадров. – Харьков: Основа, 1996. – С. 18-20.

384. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента / Адлер Ю.П. – М.: Металлургия, 1968. – 155 с.

385. Самойлов Д.С. Организация и безопасность городского движения / Самойлов Д.С., Юдин В.А. – М.: Высшая школа, 1972. – 265 с.

386. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения / Клинковштейн Г.И. – М.: Транспорт, 1981. – 240 с.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

Адекватність

- активаційна 21, 23, 24
- базова 21, 23
- інформаційна 21
- системи 20, 21

Актограма 168

Аналіз

- автокореляційний 176-178
- динамічних рядів кардіоінтервалів 176
- математичний ритму серця 178, 190
- мови оператора 167, 168
- трудового процесу на операційно-психологічному рівні 53, 59

Важкість праці 157, 158

Вікові обмеження водіїв 152, 153

Властивості

- ергономічні 53, 79-81, 187, 188
- психічні 40

Динаміка працездатності 50, 129

Дії 34

- аферентні 34
- мнемичні 34
- мовні 34
- практичні 34
- перцептивні 34
- розумові 34
- рухові (моторні) 34

Діяльність 32, 34

- навчальна 33
- оператора 19, 35-39
- інтеріоризована 34
- предметна (екстеріоризована) 34
- трудова 33

Електроенцефалографія 163

Електрокардіографія 172-174

Електроміографія 164

Емоції 46

Ергономічне забезпечення 10

- організації дорожнього руху 279

Ергономічне проектування 10, 76, 77

Ергономічні вимоги 77, 78

Ергономічні властивості автомобіля 186-188

Ергономічність 79-81

Ергономіка 8, 9

- корективна 11
- проективна 11, 12

Ефективність 20

- діяльності водія 143
- проективної ергономіки 11
- режиму праці і відпочинку 110, 129, 130
- систем «людина – техніка – середовище» 12
- соціально-особистісна 20
- технологічного процесу перевезення пасажирів 105

Життєпридатність 81

Завдання ергономіки 10

Засвоюваність 79-81

Здоров'я 7, 145

Імовірність

- виконання алгоритму 62
- виникнення дорожньо-транспортної пригоди 107, 125
- настання події 41

Імпульсивне поведіння 47

Індекс напруженості регуляторних систем 177

Індивідуальні якості водія 155

Інтенсивність

- уваги 44, 45
- трудового процесу 61

Концептуальна модель 21, 36

Комплектуємість системи 84

Комфорт 296, 297

Критерій

- вибору шляху сполучення 314-316
- ефективності режиму праці і відпочинку 110

Критична частота злиття мигтіль 164, 165

Логічна складність трудового процесу 61

Людські фактори 9

Математичний аналіз ритму серця

- дискретний (вибірковий) 190, 191
- безперервно-дискретний 190
- безперервно-ковзний 191

Мислення 42-44

Місячний баланс робочого часу 111, 113

Модель об'єкту 304

- інформаційна 19, 35-38
- концептуальна 21, 22, 36-38

- Мотив 33, 47
Мотивація 47
Метод
- біоелектрографії 169
 - варіаційної пульсометрії 176, 177
 - кореляційної ритмографії 177
 - операторних алгоритмів 59, 60
 - поліефекторний 29, 170, 171
 - системних функціональних профілів 171
 - статистичного еталону 67-73
 - структурний 61, 62
 - тестовий 166, 167
- Надійність 151
Напруженість 55
- активаційна 58
 - інтенсивнісна 57
 - неспецифічна 25, 57, 58
 - операційна 58
 - специфічна 25
 - темпова 57
- Нормування
- ергономічне 24
 - часу рейсу 102, 103
 - швидкості руху 211, 213
- Обсяг уваги 45
Окулографія 165
Оперативна одиниця сприйняття 36
Оператор 19
Операційна складність 69
Операційне поле 68
Операція 35
- абстрактна 44
 - декодування 37
 - системи «людина - техніка» 35
- Перемикання уваги 45, 46
Показник
- активності регуляторних систем 178, 179
 - комплектуєності системи 84
 - операційної невпорядкованості 69
- Працездатність 50, 51, 145
- водія 107, 108, 118, 119, 123, 124, 128-130, 141, 145, 151
 - професійна 149
- Принципи взаємодії з природним середовищем 280, 281
Процеси психічні 40
Психічний акт 34, 35
- Робочий час 113, 126, 127
Розподіл уваги 45
Режим праці і відпочинку 120, 125, 128-133
Рівень аналізу і опису діяльності 53
Рівень ефективності
- потенційний 81
 - реалізований 81
- Серцево-судинна система 174, 175
Соматографія 30
Стан
- адекватної мобілізації 143
 - динамічної неузгодженості 143, 144
 - екстремальний 144
 - емоційний 159
 - здоров'я водія 149
 - оперативного спкою 143
 - преморбідний 144
 - психічний 40
 - функціональний 49, 142, 143
- Стереотипність трудового процесу 61
Стимул 47, 48
Стійкість уваги 45
Стомлення 146
Стрес 144
Структура трудової діяльності 23
- Темперамент 156
Тривалість
- міжзмінного відпочинку 127, 128
 - перерви 119-129
 - робочого дня 107-111, 113
- Увага 44
Умови
- дорожні 184
 - праці 141
- Фази працездатності 50-53, 146
Форми організації праці водія 130-132
Фосфен 166
Функціональний комфорт 143
- Характер трудової діяльності
- абстрактний 34
 - конкретний 33
- Швидкість руху 101, 102, 138
Шкірно-гальванічна реакція 163, 164

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ ЕРГОНОМІКИ.....	6
1.1. Проблема узгодження можливостей людини та техніки в ергономіці.....	6
1.1.1. Соціально-економічна та біологічна сутність трудової діяльності.....	6
1.1.2. Об'єкт, предмет і завдання ергономіки.....	8
1.1.3. Міждисциплінарні зв'язки ергономіки.....	12
1.1.4. Характеристика системи «людина – техніка».....	16
1.1.5. Методологічні засоби ергономіки.....	25
1.2. Трудова діяльність людини в системах «людина – техніка – середовище».....	32
1.2.1. Структура трудової діяльності.....	32
1.2.2. Психологічний зміст трудової діяльності людини.....	39
1.2.3. Функціональний стан людини.....	48
1.2.4. Аналіз та опис трудової діяльності в системі «людина – техніка – середовище».....	53
1.3. Ергономічне забезпечення систем «людина – техніка – середовище».....	76
1.3.1. Особливості ергономічного проектування.....	76
1.3.2. Показники ергономічності.....	78
1.3.3. Урахування ергономічних вимог на стадії розробки та експлуатації систем «людина – техніка – середовище».....	85
1.4. Питання для самоперевірки та контролю знань.....	90
2. ЕРГОНОМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ МІСЬКИМ ПАСАЖИРСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ.....	91
2.1. Технологічний процес перевезення пасажирів. Методи проектування.....	91
2.1.1. Методи раціональної організації перевезення пасажирів.....	91
2.1.2. Тривалість праці й відпочинку водіїв автомобільного транспорту.....	106
2.1.3. Фактори, що впливають на ергономічне забезпечення технологічного процесу перевезення пасажирів.....	133
2.1.4. Функціональний стан організму водія і умови праці.....	140
2.1.5. Методи оцінки функціонального стану водія.....	161
2.2. Взаємозв'язок стану водія і параметрів технологічного процесу перевезення пасажирів.....	180
2.2.1. Виявлення й аналіз факторів, що впливають на параметри технологічного процесу перевезення пасажирів.....	180
2.2.2. Зміна стану водія під час руху перегонм маршруту.....	193
2.2.3. Вплив стану водія й умов руху на технічну швидкість транспортних засобів на перегоні маршруту.....	196
2.2.4. Зміна стану водія під час простою на проміжній зупинці.....	198
2.2.5. Зміна стану водія під час простою на кінцевій зупинці.....	201
2.2.6. Зміна стану водія під час руху маршрутом.....	203

2.2.7. Вплив стану водія й умов руху на швидкість сполучення маршрутом.....	205
2.2.8. Зміна стану водія під час перерви.....	207
2.2.9. Зміна стану водія протягом робочого дня.....	209
2.3. Проектування параметрів технологічного процесу перевезення пасажирів з урахуванням стану водія.....	211
2.3.1. Рекомендації з нормування швидкостей міського пасажирського транспорту.....	211
2.3.2. Планування параметрів транспортного процесу з урахуванням стану організму водія.....	221
2.3.2.1. Параметри руху транспортних засобів маршрутом.....	221
2.3.2.2. Тривалість простоїв транспортних засобів на зупиночних пунктах.....	228
2.3.2.3. Тривалість перерв водіїв.....	233
2.3.3. Рекомендації з організації роботи водія на маршруті.....	237
2.3.4. Розробка графіка роботи рухомого складу на маршруті.....	249
2.4. Питання для самоперевірки та контролю знань.....	278
3. ЕРГОНОМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ..	279
3.1. Принципи та завдання ергономічного забезпечення організації дорожнього руху.....	279
3.2. Закономірності формування транспортних потоків у містах....	290
3.2.1. Формування транспортних потоків і людський фактор.....	290
3.2.2. Фактори, що впливають на вибір водієм шляхів сполучення.	293
3.2.3. Методи визначення шляхів сполучення.....	298
3.2.4. Фактори, що впливають на швидкість руху транспортних засобів у потоці.....	301
3.2.5. Методи моделювання транспортних потоків.....	304
3.2.6. Методи опису транспортної мережі міста.....	312
3.3. Закономірності вибору водієм шляху сполучення.....	314
3.3.1. Визначення критеріїв вибору маршруту руху водіями немаршрутизованих транспортних засобів.....	314
3.3.2. Визначення закономірностей вибору водіями шляху сполучення..	317
3.4. Взаємозв'язок стану водія та параметрів руху транспортних засобів вулично-дорожньою мережею міста.....	324
3.4.1. Методика проведення досліджень й обробки даних.....	324
3.4.2. Зміна стану водія при русі ділянками маршрутів між перехрестями.....	331
3.4.2.1. Ділянками із двостороннім рухом.....	331
3.4.2.2. Ділянками із одностороннім рухом.....	334
3.4.3. Вплив стану водія та умов руху на технічну швидкість транспортних засобів на ділянках між перехрестями.....	337
3.4.3.1. На ділянках із двостороннім рухом.....	337
3.4.3.2. На ділянках з одностороннім рухом.....	341
3.5. Питання для самоперевірки та контролю знань.....	346
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	347
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК.....	388

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

ДАВІДІЧ Юрій Олександрович,
КУШ Євген Іванович,
ПОНКРАТОВ Денис Павлович

ЕРГОНОМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Редактор: *М. З. Аляб'єв*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

Дизайн обкладинки *Г. А. Коровкіна*

Підп. до друку 01.07.2010р.
Друк на ризографі.
Зам. №

Формат 60х84 1/16
Ум. друк. арк. 16,3
Тираж 500 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК №731 від 19.12.2001